

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra měřicí a řídicí techniky

Řízení čerpací stanice pomocí PLC
PLC Based Control System for a
Pump Station

2010

Tomáš Polák

Zadání bakalářské práce

Student:

Tomáš Polák

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

2601R004 Měřicí a řídicí technika

Téma:

Řízení čerpací stanice pomocí PLC
PLC Based Control System for a Pump Station

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor současného stavu řešené problematiky.
2. Návrh řídicího systému pro kanalizační čerpací stanici (funkční analýza, návrh HW ŘS, návrh komunikací, I/O, konfigurace HW).
3. Tvorba a testování řídicí aplikace (návrh struktury aplikace, implementace kódu, testování).
4. Návrh a realizace vizualizační aplikace (komunikace s ŘS, struktura obrazovek, tvorba obrazovek).
5. Zhodnocení výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. KOZIOREK, J. - CHROMČÁK, L. Logické systémy řízení. Učební text, příklady pro cvičení. VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1490-2.
2. Firemní dokumentace k použitým technickým prostředkům.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.**

Datum zadání: 20.11.2009

Datum odevzdání: 07.05.2010



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Tomáš Polák



V Ostravě dne 7.5.2010

Prohlášení právnické osoby

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské/diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských / magisterských programech VŠB-TU Ostrava. Zdrojový kód programu pro PLC nebude veřejně přístupný.

Ing. Oldřich Filip
Jednatel GDF spol. s r.o.



V Mostkově dne 26.4.2010

GDF spol. s r.o.
Mostkov 28
788 01 OSKAVA
-13-

Poděkování

Mé upřímné poděkování patří vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Koziorkovi, Ph.D. za pomoc při vypracovávání této práce a za cenné rady, které mi poskytl v průběhu zpracování.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je návrh řízení pro kanalizační čerpací stanici pomocí programovatelného logického automatu (PLC) za účelem modernizace. Řízení by mělo být efektivní, ovládání PLC pak pokud možno jednoduché a uživatelsky přívětivé. Práce dále řeší přenos dat z kanalizační čerpací stanice a vizualizaci na centrálním dispečerském pracovišti se systémem řízení GDF Control System.

Výsledky bakalářské práce budou aplikovány v praxi ve firmě GDF spol. s r.o. v rámci jednotlivých zakázek na výrobu řídicího systému pro kanalizační čerpací stanici.

Abstract

The aim of this thesis is to project the controlling system for sewerage pumping station of sewage by means of programmable logical machine (PLC) in order to upgrading the system. Controlling the system should be effective and directing of PLC as simple to use as possible for the user. The thesis follow by solving of data transmission from sewerage pumping station of sewage visualization at the central dispatching workplace equipped by the controlling system GDF Control System.

The outcomes of this thesis will be practically applied in the company GDF Ltd. in individual offers for production of controlling system for sewerage pumping station of sewage.

Klíčová slova

Kanalizační čerpací stanice, PLC, OPLC, Unitronics, V130, Modbus

Keywords

Sewerage pumping station of sewage, PLC, OPLC, Unitronics, V130, Modbus

Seznam použitých symbolů a zkratek

Zkratky :

Auto tune	Funkce pro PID regulátor zajišťující automatické nastavení parametrů PID regulátoru
CANbus	Controller Area Network, komunikační sběrnice
CPU	Central Processing Unit, zkratka pro centrální výpočetní jednotku
Ethernet	Technologie používaná pro budování lokálních sítí (LAN)
GPRS	General Packet Radio Service, mobilní datová služba přístupná pro uživatele GSM zařízení
GSM	Groupe Spécial Mobile, Globální Systém pro Mobilní komunikaci
HMI	Human Machine Interface, užívá se k označení operátorského rozhraní
HW	Hardware, označuje fyzicky existující technické vybavení
I/O	Označení Input / Output (vstup / výstup)
KČS	Kanalizační čerpací stanice
Modbus	Otevřený komunikační protokol pro komunikaci různých zařízení
Modbus RTU	Varianta protokolu Modbus pro sériové komunikační rozhraní
Modbus TCP/IP	Varianta protokolu Modbus pro rozhraní Ethernet
OEM	Original Equipment Manufacturer, obchodní termín, který označuje výrobek vytvořený jedním výrobcem pro jiného výrobce, který jej následně prodává pod svou vlastní obchodní značkou
OPLC	Operator panel & Programmable Logic Controller, zkratka pro ovládací panel a programovatelný logický kontrolér
PC	Personal Computer, zkratka pro osobní počítač
PID regulátor	Proporciálně-Integračně-Derivační regulátor
PLC	Programovatelný logický automat (Programmable Logic Controller)
RS-232	Sériové komunikační rozhraní
RS-485	Průmyslová varianta rozhraní RS-232. Jedná se o označení specifikace dvoudrátového poloduplexního multibodového sériového spoje
SMS	Short message service, Služba krátkých textových zpráv
Snap-in modul	Rozšiřující modul pro OPLC
SW	Software, označuje programové vybavení

Obsah

1	Úvod	2
2	Rozbor současného stavu řešené problematiky	3
3	Návrh řídicího systému pro kanalizační čerpací stanici	4
3.1	Technologické provedení kanalizační čerpací stanice.....	4
3.2	Požadavky na řízení kanalizační čerpací stanice	4
3.3	Navrhované řízení kanalizační čerpací stanice.....	5
3.4	Návrh hardware řídicího systému.....	6
3.4.1	Hlediska pro výběr PLC	6
3.4.2	Vhodná PLC - srovnání	7
3.4.3	Výběr PLC	8
3.4.4	OPLC Unitronics Vision řady V130 - krátký popis	8
3.4.5	Výběr technických parametrů OPLC Unitronics Vision V130-33-R34.....	11
3.4.6	Měření hladiny výšky hladiny	12
3.5	Komunikační protokol	14
3.6	Modbus RTU	15
3.7	Komunikační modem CGU 04.....	15
3.8	Struktura systému řízení GDF Control System na centrálním dispečinku.....	16
3.9	I/O (vstupy/výstupy) OPLC Vision V130-33-R34.....	18
3.10	Konfigurace OPLC Vision V130-33-R34	19
3.11	Konfigurace GSM-GPRS modemu CGU 04.....	19
4	Tvorba a testování řídicí aplikace.....	20
4.1	Návrh struktury aplikace	20
4.2	Implementace kódu.....	21
4.2.1	VisioLogic – definice použitého HW	21
4.2.2	Ladder – popis možností	23
4.2.3	Funkce jednotlivých částí programu	25
4.2.4	HMI – jednotlivé obrazovky.....	29
4.2.5	Funkce typizovaného řídicího systému pro KČS	32
4.3	Testování	33
5	Návrh a realizace vizualizace pro WinControl.....	34
5.1	Komunikace s řídicím systémem – OPLC Vision V130-33-R34	34
5.2	Struktura obrazovek.....	34
5.3	Tvorba obrazovek	35
6	Závěr	39
7	Literatura	40
8	Přílohy	41

1 Úvod

Úkolem kanalizační čerpací stanice (zkráceně KČS) je odčerpávání odpadních vod z akumulární jímky pomocí výkonných čerpadel. Odpadní splašková voda přitéká do KČS sběrnou stokou. Na nátok do akumulární jímky může být umístěn česlicový koš, díky kterému se do akumulární jímky nedostanou hrubé mechanické nečistoty.

Odčerpávání odpadních vod zajišťují dvě čerpadla umístěná v akumulární jímce, která jsou uzpůsobená pro čerpání kalů a kalových vod. Čerpadla jsou ovládána automaticky podle výšky hladiny odpadní. V akumulární jímce jsou dále umístěny 2 bezpečnostní plováky pro signalizaci havarijních úrovní hladiny. Dále může být KČS vybavena měřením průtoku vyčerpaných kalových vod. Veškeré informace o stavu KČS jsou přenášeny na centrální dispečerské pracoviště pomocí datových pojitek (Modbus radiostanice, GPRS modem, atd.).

Ve většině případů jsou dosluhující KČS řízeny místní reléovou logikou nebo jsou zcela neřízené. Přitom vhodné řízení prodlužuje životnost použitých čerpadel, zvyšuje efektivitu obsluhy a snižuje náklady na provoz KČS.

Cílem této bakalářské práce je návrh typizovaného řídicího systému pro řízení kanalizační čerpací stanice za účelem modernizace. Ovládání celého řídicího systému by mělo být jednoduché a uživatelsky přívětivé. Tento typizovaný řídicí systém bude možno použít pro řízení většiny současných kanalizačních čerpacích stanic a to i s rozdílnými požadavky na řízení a použité vstupní signály.

Práce v několika kapitolách popisuje samotný návrh řídicího systému dle zadaných požadavků, výběr vhodného hardware, návrh komunikace s centrálním dispečerským pracovištěm, tvorbu a testování aplikace, návrh a tvorbu vizualizace pro systém řízení GDF Control System.

Výsledky bakalářské práce budou aplikovány v praxi ve firmě GDF spol. s r.o. v rámci jednotlivých zakázek na výrobu řídicího systému pro KČS.

2 Rozbor současného stavu řešené problematiky

Stávající kanalizační čerpací stanice je osazena 2 ponornými kalovými čerpadly. Stáří technologického vybavení je přibližně 15 let.

Řízení čerpadel je realizováno pomocí 2 plovákových spínačů. Spodní plovákový spínač vypíná (blokuje) čerpání, horní plovákový spínač zapíná (povoluje) čerpání. Výškový rozdíl v umístění plováků tvoří hysterezi pro řízení čerpadel.

Rozvaděč je vybaven jednoduchým ovládacím panelem s tlačítky pro zapnutí a vypnutí jednotlivých čerpadel a indikací o chodu nebo poruše jednotlivých čerpadel. Ovládací panel také obsahuje indikaci stavu povolení nebo blokování čerpadel od plováků. Vybavení rozvaděče je technicky nevyhovující a morálně zastaralé. Volbu čerpadla provádí obsluha prostým zapnutím prvního nebo druhého čerpadla.

Nevýhody stávajícího provedení kanalizační čerpací stanice:

- Zcela chybí přenos informací o stavu KČS na centrální dispečerské pracoviště a možnost dálkového ovládání.
- Stávající logika řízení neumožňuje časové střídání čerpadel. Každé čerpadlo potom běží jinou dobu a provozní motohodiny nejsou stejné, tj. čerpadla se opotřebovávají nestejnoměrně.
- Čerpadla jsou již značně opotřebovaná, jejich účinnost je nízká. Výměna je tedy nutná.
- Chybí kontinuální měření hladiny kalové vody v jímce.
- Chybí měření průtoku odpadní vody na výtlačku.

3 Návrh řídicího systému pro kanalizační čerpací stanici

Návrh řídicího systému pro kanalizační čerpací stanici je rozdělen do několika celků, které jsou dále podrobněji rozvedeny.

3.1 Technologické provedení kanalizační čerpací stanice

Kanalizační čerpací stanice (KČS) má za úkol odčerpávat odpadní (splaškové) vody z akumulací jímky pomocí 2 výkonných čerpadel. Na nátok do akumulací jímky z přiváděcí stoky je umístěn česlicový koš v provedení ocel nerez, s přenosným zdvihacím zařízením. Sběrný koš zajišťuje, aby se do akumulací jímky nedostaly hrubé mechanické nečistoty.

Čerpání odpadních vod zajišťují dvě čerpadla, typ DP 3085.183 MT s příslušenstvím, $U_{\text{nap}} = 400\text{V}$, $f = 50\text{ Hz}$. Čerpadla jsou umístěna v akumulací jímce KČS na patkové koleno s vodícími tyčemi a automatickým napojením na výtlačné potrubí. Montáž a demontáž čerpadel se provádí přenosným zdvihacím zařízením. Čerpadla mají oběžné kolo vhodné pro čerpání splaškových vod.

Jedno čerpadlo je dále vybaveno proplachovacím ventilem. Před zahájením čerpacího cyklu přemění tento ventil čerpadlo ve výkonné míchadlo, které zajistí rozmíchání obsahu jímky (doba cca 30 sekund). Tímto se předchází tomu, aby se na dně jímky vytvořily vrstvy bahna a různého odpadu a také aby se v jímce nevytvářeli plovoucí škraloupky pevných částic. Díky proplachovacímu ventilu se dosahuje výrazně čistšího prostředí v čerpací stanici a zajišťuje se vysoký stupeň okysličování, který vede ke snížení nepříjemného zápachu.

Komponenty řídicího systému jsou osazeny do skříňového plastového rozvaděče typu Sarel Thalassa. Dle požadavků provozovatele obsahuje rozvaděč ovládací panel pro možnost ručního ovládání jednotlivých čerpadel v případě poruchy PLC. Ovládací panel dále obsahuje indikaci o stavu čerpadel (chod / porucha), indikaci stavu plováků (minimální / maximální hladina) a přepínač volby režimu řízení čerpadel (ruční řízení / automatický režim).

3.2 Požadavky na řízení kanalizační čerpací stanice

Čerpadla mohou být ovládána ručně z místního ovládacího panelu umístěného přímo v rozvaděči nebo automaticky podle výšky hladiny odpadní vody v akumulací jímce. V akumulací jímce jsou dále umístěny dva bezpečnostní plováky pro signalizaci minimální a maximální úrovně hladiny. Ty slouží pro indikaci mezních stavů výšky hladiny, dále je možné v případě selhání kontinuálního měření výšky hladiny přepnout řízení čerpadel na režim tzv. „plovákové hladiny“. V tomto režimu se čerpadla řídí jen pomocí plováků. Pomocí informace z minimálního a maximálního plováku a zadaných výšek plováků je možné simulovat výšku hladiny. Tato simulace hladiny slouží jen k hrubému přehledu o výšce hladiny v akumulací jímce. Plovák minimální hladiny hardwarově blokuje chod obou čerpadel. Slouží jako ochrana proti chodu čerpadel nasucho.

Čerpadla pracují v režimu záskok, tj. v chodu je vždy jen jedno čerpadlo a druhé slouží jako záložní pro případ poruchy prvního čerpadla. Provoz čerpadel je automaticky střídán na základě vyhodnocování doby chodu – provozních motohodin. U obou čerpadel je kontrolován průsak kapaliny ucpávkou do skříně čerpadla. Tuto funkci zajišťuje hlídací relé.

V případě poruchy PLC je možné ovládat čerpadla ručně z ovládacího panelu nezávisle na stavu řídicího systému. Část řídicího systému je napájena ze zálohovaného zdroje. Při výpadku síťového napájení, je díky zálohovanému napájení řídicí systém schopen předat informaci o výpadku na dispečerské pracoviště.

KČS je vybavena měřením průtoku přečerpaných odpadních vod. Průtok a protečené množství splaškové vody je měřeno indukčním průtokoměrem na výtlaku KČS.

Data a informace o stavu KČS se přenášejí na centrální dispečerské pracoviště pomocí GPRS modemu CGU 04 od firmy CONEL.

3.3 Navrhované řízení kanalizační čerpací stanice

Firma GDF spol. s r.o. realizovala v rámci zakázek již několik desítek kanalizačních čerpacích stanic. Vždy se ale jednalo o konkrétní způsob řízení KČS. Přitom požadavky na řízení KČS byly vždy jen mírně odlišné a souviseli s odlišným technologickým řešením KČS a odlišnými požadavky provozovatele. Jako např. řízení čerpadel v režimu záskok nebo souběh, střídání čerpadel dle provozních motohodin nebo po vypnutí čerpadla, atd.

Při požadavku na nízkou cenu řídicího systému KČS bylo jako řídicí prvek použito inteligentní relé ZELIO od firmy Telemecanique, dnes Schneider Electric. Inteligentní relé ZELIO podporuje s přídatným modulem komunikaci protokolem Modbus přes rozhraní RS-485. Ovšem je zde omezení na přenos pouze 4 slov (wordů) směrem z PLC a do PLC. Dále má ZELIO omezenou paměť pro řídicí program. Avšak největším omezením je onen přenos pouze 4 slov.

V současné době jsou neustálé tlaky ze strany objednavatele na snížení ceny řídicího systému KČS. Naopak požadavky na funkčnost a variabilitu řídicího systému se neustále zvyšují. Jedním ze způsobů jak lze efektivně snížit náklady na řídicí systém, je vhodný výběr samotného řídicího prvku - PLC s vhodným řídicím programem.

Po provedení průzkumu trhu v segmentu KČS a oslovení velké části zákazníků firmy GDF spol. s r.o. byla provedena analýza požadavků na funkci KČS.

Dle této analýzy byla přehodnocena plánovaná funkce řídicího systému pro KČS. Cílem je tedy vytvořit typizovaný řídicí systém, který lze použít pro řízení většiny KČS. Zároveň bude řídicí systém díky své variabilitě splňovat mnohdy rozdílné požadavky jednotlivých zákazníků.

Typizované řešení má hned několik zásadních přínosů pro zákazníka: minimalizuje investiční a provozní náklady, garantuje funkčnost zařízení podle aktuálních standardů v oboru a minimalizuje dobu potřebnou k realizaci vlastní zakázky [8].

Firma GDF spol. s r.o. použitím typizovaného řešení zvýší svou konkurenceschopnost na trhu a získá typizovaný řídicí systém pro KČS, který lze ihned nasadit. Tímto se ušetří projekční činnost na návrhu řízení pro jednotlivé KČS. Řídicí program v PLC bude univerzální pro nejčastěji používané režimy provozování KČS. Další z výhod je, že takto koncipovaný řídicí program se vytvoří a důkladně odladí pouze jednou. V neposlední řadě lze takto také eliminovat chyby, které jinak vznikají při vytváření programů pro konkrétní řízení KČS (chyba návrhu, lidský faktor, atd.).

Typizovaný řídicí systém a jeho vlastnosti:

- Kontinuální měření hladiny.
- Možnost přepnutí řízení čerpadel jen od plováků včetně simulace výšky hladiny na základě zadaných výšek plováků (tzv. plováková hladina).
- Měření průtoku a protečeného množství odpadní vody.
- Možnost uživatelsky nastavit u průtokoměru protečené množství.
- Vyhodnocování stavů plováků pro minimální a maximální hladinu.
- Vyhodnocování signálů o průsaku jednotlivých čerpadel.
- Vyhodnocování signálů o výpadku napájení 400V a vstupu do rozvaděče.
- Řízení čerpadel v režimu záskok nebo souběh s možností volby režimu.

- Střídání čerpadel podle provozních motohodin nebo po vypnutí čerpadla s možností volby režimu.
- Možnost uživatelsky nastavit provozní motohodiny pro jednotlivá čerpadla.
- Možnost uživatelsky nastavit hodnoty pro zapnutí a vypnutí čerpadel dle výšky hladiny.
- Servisní menu pro zadávání parametrů čidel, zadávání výšek plováků, atd.

3.4 Návrh hardware řídicího systému

Požadavky na PLC:

- Dostatečný počet vstupů:
 - Min. 2x analogový vstup (proudový, 4-20mA).
 - Min. 12x binární vstup.
- Dostatečný počet výstupů:
 - Min. 2x binární (reléový) výstup.
- Dostatečná paměť pro řídicí program (velikost paměti dle použité platformy).
- Propojení na HMI.
- Komunikace s GPRS modemem CGU 04 od firmy CONEL.

Požadavky na rozhraní HMI:

- Zobrazení provozních stavů a hodnot.

Požadavky na sondy a snímače:

- Nízké provozní náklady.
- Snadná údržba.
- Dlouhá životnost.
- Nízká cena.

3.4.1 Hlediska pro výběr PLC

Při výběru vhodného PLC byla rozhodující tato hlediska:

- 1) Cena PLC.
- 2) Rozměry PLC.
- 3) Konfigurace - provedení PLC.
- 4) Komunikační protokol Modbus nebo kompatibilní s GDF Control System .
- 5) Vývojové prostředí.

Add 1) Cena

Stálým požadavkem zákazníků je pokud možno co nejnižší cena a naopak maximální funkčnost zařízení.

Add 2) Rozměry PLC

Malé rozměry PLC umožní použít skříní pro vlastní rozvaděč s menším rozměrem. Opět zde hraje roli cena. Ta je u skříně s menšími rozměry nižší. Navíc odpadají problémy s instalací skříně větších rozměrů (složitá manipulace při montáži, nutný určitý prostor k instalaci, ...). Skřín s menšími rozměry je méně náročná na montáž a prostor na cílovém místě. Zvláště při vestavbě skříně do stávajícího stavebního otvoru hraje velikost skříně nemalou roli.

Add 3) Konfigurace - provedení PLC

Srovnání zda má PLC všechny potřebné periferie integrovány do základní jednotky, tj. zda se jedná o kompaktní verzi nebo zda je jedná o modulární verzi. U modulární verze je PLC složeno z hlavní jednotky (CPU) a přídatných rozšiřujících karet (např. analogové nebo binární karty vstupů/výstupů).

Toto rozhodnutí má zásadní vliv i na budoucí servis zařízení a na nutnost držet skladem náhradní díly. Tj. u kompaktní verze PLC postačí např. 1ks zařízení, ale u modulární verze PLC je třeba mít skladem jednotku CPU, analogovou kartu, kartu binárních vstupů a výstupů. Oproti tomu stojí při poruše zařízení možnost výměny jen jednoho modulu – karty (modulární provedení) nebo celého zařízení (kompaktní provedení). Vzhledem k požadované nízké ceně PLC bude i z tohoto hlediska vhodnější kompaktní řešení PLC.

Add 4) Komunikační protokol Modbus

PLC musí podporovat komunikaci pomocí protokolu Modbus nebo pomocí protokolu, který je kompatibilní se systémem GDF Control System (RDS92, Epsnet).

Add 5) Vývojové prostředí

Vývojové prostředí by mělo mít intuitivní ovládání a nemělo by být zbytečně složité. Tvorba programu by měla být pomocí programovacího jazyka ladder nebo pomocí funkčních bloků. Náкупní cena vývojového prostředí by měla být nízká.

3.4.2 Vhodná PLC - srovnání

Výběr vhodného PLC pro řídicí systém kanalizační čerpací stanice byl zúžen na tato PLC:

PLC Simatic, řada S7-200

Výhody:

- Provedení v kompaktní verzi.
- Velmi rozšířený a známý typ PLC.
- Na trhu velmi uznávaná značka Siemens.

Nevýhody:

- Cena PLC a rozšiřujících karet.
- Placené vývojové prostředí Step 7 Micro/Win.
- Přímo nepodporuje komunikační protokol Modbus.
- Nutno připojit externí HMI display.

PLC Advantech, řada Adam 5510

Výhody:

- SW výbava PLC včetně vývojového prostředí je vyvinutá firmou GDF s.r.o..
- Plná kompatibilita se systémem GDF Control Systém.
- Komunikační protokol RDS92.

Nevýhody:

- Cena PLC a rozšiřujících karet.
- Rozměry PLC.
- Nutno připojit externí HMI display.

PLC Schneider, řada Twido

Výhody:

- Cena.
- Provedení jak v modulární tak i kompaktní verzi (malé rozměry).
- Komunikační protokol Modbus.
- Vývojové prostředí TwidoSuite je zdarma.

Nevýhody:

- Nutno připojit externí HMI display.

OPLC Unitronics, řada Vision V130

Výhody:

- Cena.
- Provedení v kompaktní verzi.
- Kombinace PLC a HMI.
- Malé rozměry.
- Komunikační protokol Modbus.
- Vývojové prostředí VisioLogic je zdarma.

Nevýhody

- U zákazníků zatím méně známé jméno výrobce Unitronics.

3.4.3 Výběr PLC

Na základě výše uvedených požadavků na řídicí systém a hardware a uvedeného srovnání několika vhodných PLC bylo rozhodnuto místo kombinace klasického PLC a HMI panelu použít OPLC, což je kombinace PLC a HMI.

Výhody tohoto řešení jsou nízká cena, malé rozměry díky kombinaci PLC a HMI a podpora komunikačního protokolu Modbus. Dle požadavků na hardware bylo zvoleno konkrétně OPLC Vision V130 se snap-in modulem V130-33-R34. Výrobce OPLC je firma Unitronics.

3.4.4 OPLC Unitronics Vision řady V130 - krátký popis

OPLC Vision V130-33-R34 je PLC s integrovaným grafickým HMI rozhraním. Součástí OPLC je monochromatický LCD displej, plně programovatelná klávesnice, binární vstupy, reléové výstupy, analogové vstupy, komunikační rozhraní RS-232 (RS-485) nebo volitelně rozhraní ethernet.



Obr. 1. OPLC Unitronics Vision V130-33-R34 [1]

OPLC Unitronics Vision řady V130 – výhody řešení:

- **Integrované řešení.**

Oproti tradičnímu PLC se u OPLC jedná o kombinaci PLC a HMI v jednom zařízení. Výsledné kompaktní řešení má nižší nároky na prostor a zjednodušuje instalaci OPLC. Díky společnému programovacímu prostředí pro PLC a HMI je i práce programátora méně časově náročná.

- **Uživatelsky přívětivé rozhraní.**

Displej o rozlišení 128x64 bodů umožňuje sledování stavu technologie nebo změny parametrů řídicího programu nezávisle na jeho chodu. Plně programovatelnou numerickou klávesnici je možné použít k přepínání mezi obrazovkami, k nastavování parametrů nebo k diagnostice stavu OPLC pomocí servisního menu.

- **Hardwarová podpora.**

U OPLC řady Vision není vstupně - výstupní rozhraní pevně integrováno, ale je volitelné dle použitého snap-in modulu. Ten je mechanicky spojen s OPLC a tvoří tak jeden kompaktní celek. Na snap-in modulu mohou být integrovány mimo standardních binárních a analogových vstupů/výstupů také vstupy pro přímé měření teploty, odporu a vysokorychlostní čítače.

V případě potřeby dalších vstupů/výstupů je možné OPLC jednoduše rozšířit až na celkový počet 256 vstupů/výstupů pomocí rozšiřujících I/O modulů.

OPLC má široké možnosti podporovaných komunikačních rozhraní (Ethernet, GSM/SMS, MODBUS, CANbus). Podporuje také vzdálenou správu OPLC přes GSM modem nebo

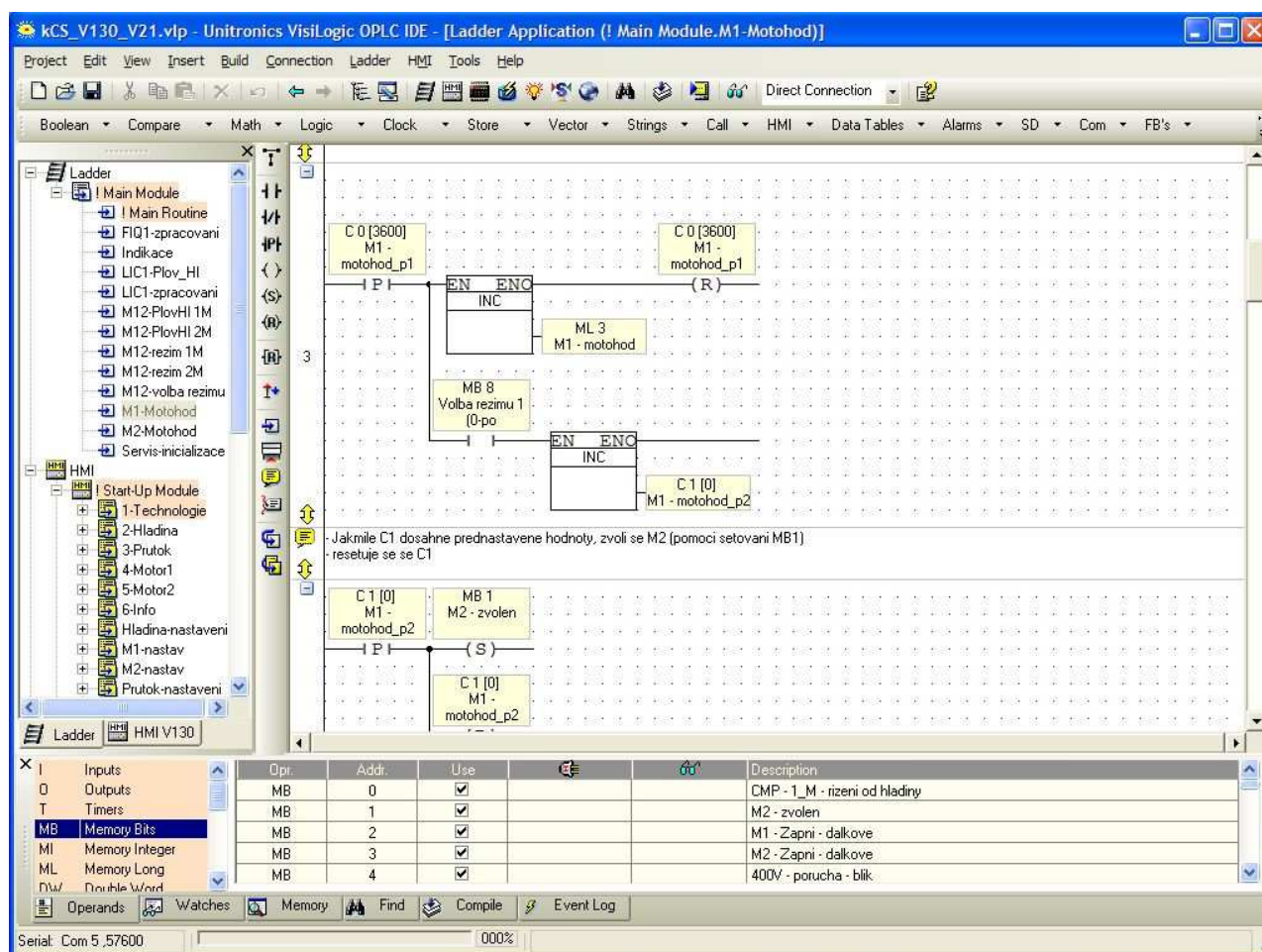
ethernetové rozhraní. Je možné vzdáleně monitorovat stav OPLC, nahrát nový řídicí program nebo změnit firmware OPLC.

Celá paměť OPLC je zálohovaná vestavěnou 3V lithiovou baterií, typ CR2450. Doba zálohy je dle výrobce 7 let při teplotě 25°C [2].

- **Softwarová podpora.**

Firma Unitronics dodává k programování OPLC řady Vision zdarma vývojové prostředí VisioLogic. V něm se vytváří vlastní řídicí program pro PLC a také kompletní HMI (ovládání a zobrazování na LCD displeji). Díky použití jednoho vývojového prostředí je možné zkrátit čas nutný pro vytvoření nové řídicí aplikace. Není třeba vytvářet v jednom vývojovém prostředí program pro PLC a v jiném, mnohdy zcela odlišném, vývojovém prostředí tvořit aplikaci pro HMI.

Vývojové prostředí VisioLogic je velmi intuitivní a obsahuje mimo jiné i podporu tvorby receptů, záznam událostí (alarmů), PID regulátory s funkcí auto-tune, komunikace pomocí GPRS a další.



Obr. 2. Ukázka vývojového prostředí VisioLogic [7]

3.4.5 Výběr technických parametrů OPLC Unitronics Vision V130-33-R34

Analogové vstupy	2x
- volitelný napěťový rozsah	0 - 10V
- volitelný proudový rozsah	0 - 20mA, 4 - 20mA
Vstupní impedance	pro napěťový vstup >150kΩ pro proudový vstup 243Ω
Rozlišení převodníku	10 bit
Modbus vstupy	18x npn nebo pnp
Nominální napětí	24V
Vstupní napětí - PNP vstup	0-5V DC pro logickou '0' 17-28,8V DC pro logickou '1'
Vstupní napětí - NPN vstup	17-28,8V DC pro logickou '0' 0-5V DC pro logickou '1'
Časová odezva	10ms (použito jako binární vstup)
HSC vstupy	3x HSC čítačový vstup
Rozlišení	32 bit
Max. vstupní frekvence	30kHz - viz.datasheet
Modbus výstupy	12x relé
Jmenovité napětí	250VAC/30VDC
Jmenovitý proud	3A max. / výstup
Paměť PLC	
Program Ladder	512 kB
Obrázky	256 kB
Fonty pro písma	128 kB
Proměnné - typ	
Memory Bits	4096
Memory Integers	2048
Long Integers	256
Double Word	64
Memory Floats	24
Timers	192
Counters	24
Datové tabulky	120kB / 192 kB dle typu proměnných
Max. počet displejů HMI	1024
Doba 1 "scanu" PLC	20μs na 1kB typ. aplikačního SW
Komunikace	
Port 1	RS-232 / RS-485
Port 2	volitelně CANbus, Ethernet
Různé	Podpora micro SD karty Hodiny reálného času Zálohovaná paměť

Napájecí napětí	24V DC
Tolerance napájecího napětí	20,4V DC - 28,8V DC
Max. proudová spotřeba	
- binární vstupy - NPN	245mA / 24V DC
- binární vstupy - PNP	175mA / 24V DC
Display	Monochromatický LCD
Rozlišení	128x64 bodů
Podsvícení	ANO, nastavitelná intenzita
Velikost	2,4"
Klávesnice	20 kláves
Typ	Membránová klávesnice

Tab. 1. Výběr technických parametrů OPLC Unitronics Vision V130-33-R34 [2]

3.4.6 Měření hladiny výšky hladiny

Výběr vhodné sondy pro měření výšky hladiny splaškové vody v akumulární jímce lze zúžit na 2 základní principy měření:

- Ultrazvukové měření výšky hladiny.
- Měření výšky hladiny pomocí měření hydrostatického tlaku.

Ultrazvukové měření výšky hladiny

Ultrazvukové měření výšky hladiny využívá princip měření doby průchodu ultrazvukové vlny od vysílače, přes odraz od hladiny zpět k přijímači. Z naměřené doby se při známé rychlosti šíření ultrazvuku v daném prostředí vypočítá vzdálenost. Tato metoda se využívá ke spojitému měření polohy hladiny [3].

Vysílač a přijímač ultrazvukových impulsů tvoří konstrukční celek, umístěný obvykle v horní části nádrže. Funkci celého zařízení řídí generátor pulsů. Na počátku měřicího cyklu je z vysílače vyslán ultrazvukový impuls, který se po odrazu od hladiny vrací k přijímači. Naměřená doba závisí na délce dráhy ultrazvukového impulsu a tím i na poloze hladiny. Výška hladiny se stanovuje odečtením poloviny naměřené dráhy impulsu od maximální vzdálenosti (vzdálenost ke dnu nádrže). Měřené doby se pohybují od desetin až po jednotky sekund. Jako vysílače a přijímače ultrazvuku se nejčastěji používají piezoelektrické nebo magnetostrikční měniče s frekvencí od 20 do 50 kHz [3].

Přednosti:

- Absence pohyblivých součástí.
- Bezkontaktní spojitě měření.
- Možnost instalace z vnější strany nádrže bez porušení její těsnosti.
- Nezávislost na elektrické vodivosti a dielektrických vlastnostech materiálu.
- Kompaktní provedení snímačů, přesnost měření řádu desetin procenta měřicího rozsahu.

Nedostatky:

- Ovlivnění signálu v přítomnosti těžkých par a prachu.
- Rušivé působení turbulentního povrchu hladiny a přítomnosti pěny.
- Falešné odrazy např. od armatur, čerpadel apod..

Měření výšky hladiny pomocí měření hydrostatického tlaku

Hydrostatický tlak v kapalině je přímo úměrný výšce hladiny kapaliny nad oddělovací membránou snímače a je přenášen prostřednictvím náplně inertního oleje na měřicí polovodičovou membránu. Průhyb měřicí membrány způsobí rozvážení tenzometrického můstku. Jednotka elektroniky zabezpečuje napájení čidla, zesílení signálu, jeho teplotní kompenzaci a převedení na normovaný signál, který je přímo úměrný výšce hladiny kapaliny nad snímačem [3].

Ponorná hladinová sonda je opatřena propojovací hadicí, která funguje jako přívod referenčního tlaku z atmosféry. Pro měření agresivních nebo hustých médií a kapalin s obsahem pevných látek (např. čistírný odpadních vod) se používají snímače s keramickou membránou [3].



Obr 3. Ponorná sonda BD Sensors LMK 358 [4]

Přednosti:

- Neobsahuje pohyblivé části.
- Nezávislost na tvorbě pěny a na elektrických vlastnostech měřené kapaliny.
- Metoda může být použita při měření hladiny znečištěných kapalin a agresivních chemikálií.

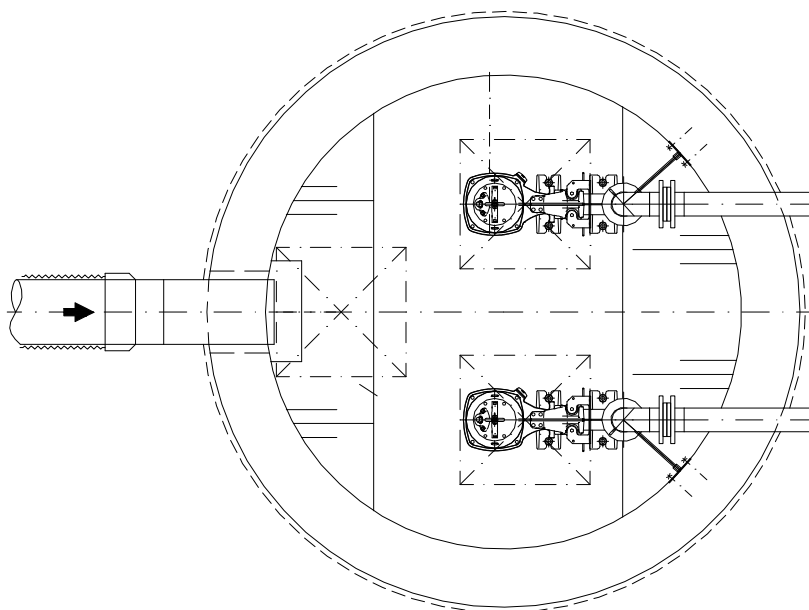
Nedostatky:

- Závislost na hustotě média.
- Nebezpečí zamrznutí přívodů ke snímači v nádržích mimo uzavřené objekty.

Výběr sondy pro měření výšky hladiny v akumulční jímce KČS

Akumulační jímka na splaškovou vodu má relativně malé rozměry. Při použití ultrazvukové hladinové sondy by mohlo s velkou pravděpodobností docházet k falešným odrazům vysílaného signálu od armatur, čerpadel, podestý nebo od žebříku. Měření hladiny by nebylo spolehlivé. Navíc při promíchávání obsahu jímky před samotným čerpáním by mohlo docházet opět k chybám měření hladiny.

Pro tuto KČS je vhodnější použít ponornou hladinovou sondu, která výše uvedené podmínky provozu zvládá bez problémů. Ovšem je nutné zvolit model určený pro splaškové vody. Vhodným typem ponorné hladinové sondy je např. typ LMK 358 od firmy BD Sensors s keramickou membránou.



Obr 4. Půdorys kanalizační čerpací stanice

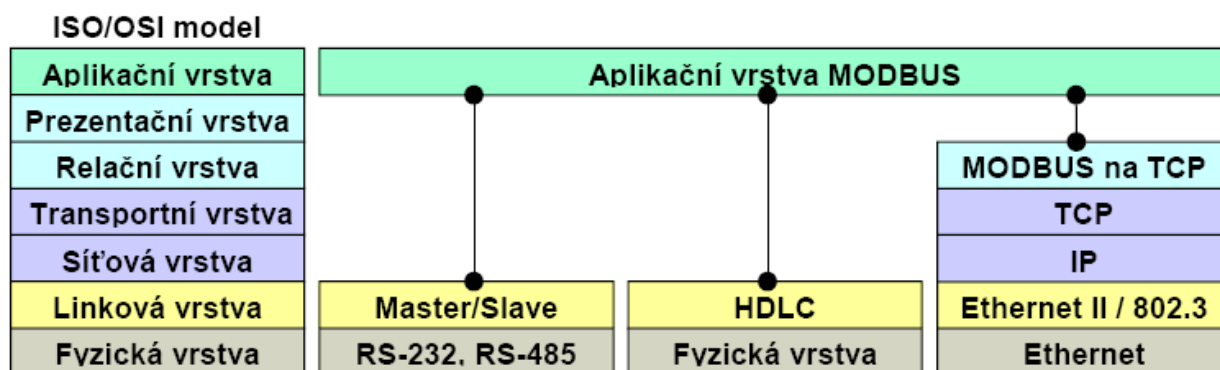
3.5 Komunikační protokol

Dle zadaných požadavků byl zvolen komunikační protokol Modbus. Jedná se o komunikační protokol na úrovni aplikační vrstvy ISO/OSI modelu, který umožňuje komunikaci typu klient-server mezi zařízeními na různých typech sítí a sběrnic [5].

Protokol Modbus vytvořila v roce 1979 firma MODICON jako komunikační protokol pro své PLC. V současné době je podporována celá řada komunikačních rozhraní jako např. sériové linky typu RS-232, RS-422 nebo RS-485, dále pak optické a rádiové sítě pro Modbus-RTU nebo síť Ethernet pro Modbus TCP/IP [5].

Komunikace probíhá metodou klient – server. Žádaná funkce je specifikována pomocí kódu dané funkce (např. 03 Read Holding Registers) [5].

OPLC Vision V130-33-R34 má rozhraní RS-232 a podporuje komunikační protokol Modbus RTU.



Obr. 5. Příklady implementace protokolu Modbus [5]

Funkce Modbus vhodné k použití pro komunikaci s OPLC Vision V130-33-R34

- **Funkce pro čtení:**

- 01 Read Coils**

- V překladu: Čti cívky.
 - Funkce slouží ke čtení stavu cívek v PLC [5].

- 03 Read Holding Registers**

- V překladu: Čti uchovávací registry.
 - Funkce slouží ke čtení obsahu souvislého bloku uchovávacích registrů v PLC [5].

- **Funkce pro zápis:**

- 15 Force Coils**

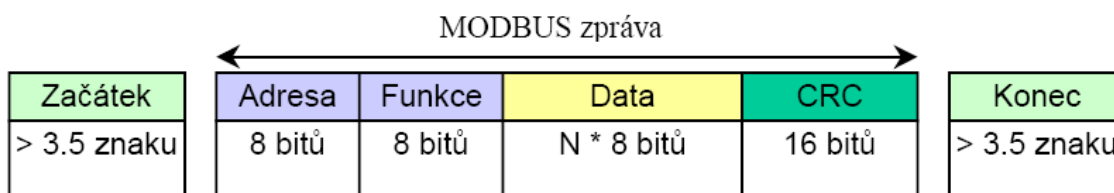
- V překladu: Nastav cívku.
 - Funkce slouží k nastavení požadovaného stavu pro danou cívku (log. 0 nebo log. 1) [5].

- 16 Preset Holding Registers**

- V překladu: Nastav uchovávací registry.
 - Funkce slouží k nastavení obsahu souvislého bloku uchovávacích registrů v PLC [5].

3.6 Modbus RTU

V režimu Modbus RTU obsahuje každý 8-bitový byte zprávy dva 4-bitové hexadecimální znaky. Vysílání zprávy musí být souvislé, mezery mezi znaky nesmějí být delší než 1.5 znaku. Začátek a konec zprávy je identifikován podle pomlky na sběrnici delší než 3.5 znaku [5].



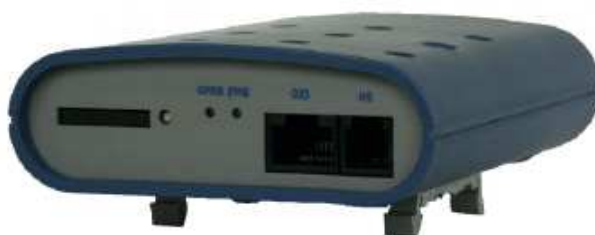
Obr. 6. Formát rámce Modbus RTU [5]

3.7 Komunikační modem CGU 04

S ohledem na velmi dobré dlouhodobé zkušenosti s modemy od firmy CONEL byl zvolen pro přenos dat z KČS GSM-GPRS modem CGU 04. Modem CGU 04 podporuje i komunikační protokol Modbus RTU, který byl zvolen pro přenos dat z OPLC Vision V130-33-R34.

Komunikační modem CGU 04 je zařízení pro bezdrátový přenos dat. Pro svoji bezdrátovou komunikaci používá infrastrukturu GSM-GPRS jako linkovou vrstvu. Nad linkovou vrstvou modem vytváří virtuální privátní datovou síť, ve které je možné přenášet data mezi uživatelskými zařízeními libovolnými protokoly. Zjednodušeně si lze modul CGU 04 představit jako konvertor protokolu mezi uživatelským zařízením (PLC automat, PC, datový terminál, apod.) a infrastrukturou GSM-GPRS sítě mobilního operátora. Ve skutečnosti se jedná o podstatně složitější zařízení umožňující komunikaci mezi různými uživatelskými systémy. Kromě datových přenosů přes GPRS umožňuje modul CGU 04 také zasílání SMS zpráv [6].

GSM-GPRS modul CGU 04 je řízen 32-bit mikroprocesorem. Ten zajišťuje GSM-GPRS komunikaci, přenos dat na uživatelských rozhraních (RS232, RS485) a řadu diagnostických a servisních funkcí. Modul CGU 04 má v základním provedení dvě sériová uživatelská rozhraní RS232 (komunikační porty) a jedno rozhraní pro přímé připojení vstupů a výstupů (CIO) pro sběr dat a řízení technologických procesů. Pro každé uživatelské rozhraní je možné nezávisle zvolit parametry přenosu a komunikační protokol (implementováno více než 40 protokolů - Profibus, Modbus, Mbus, IEC 870, a další). Díky tomu je možné komunikovat s různými uživatelskými zařízeními, která používají různé komunikační protokoly na sériovém rozhraní. Dále je možné volitelně 2. komunikační port osadit modulem s rozhraním RS-485 / RS-422. V modemu CGU 04 je použitý OEM GSM-GPRS modul MC39i od firmy SIEMENS [6].



Obr. 7. GSM-GPRS modem CGU 04 [6]

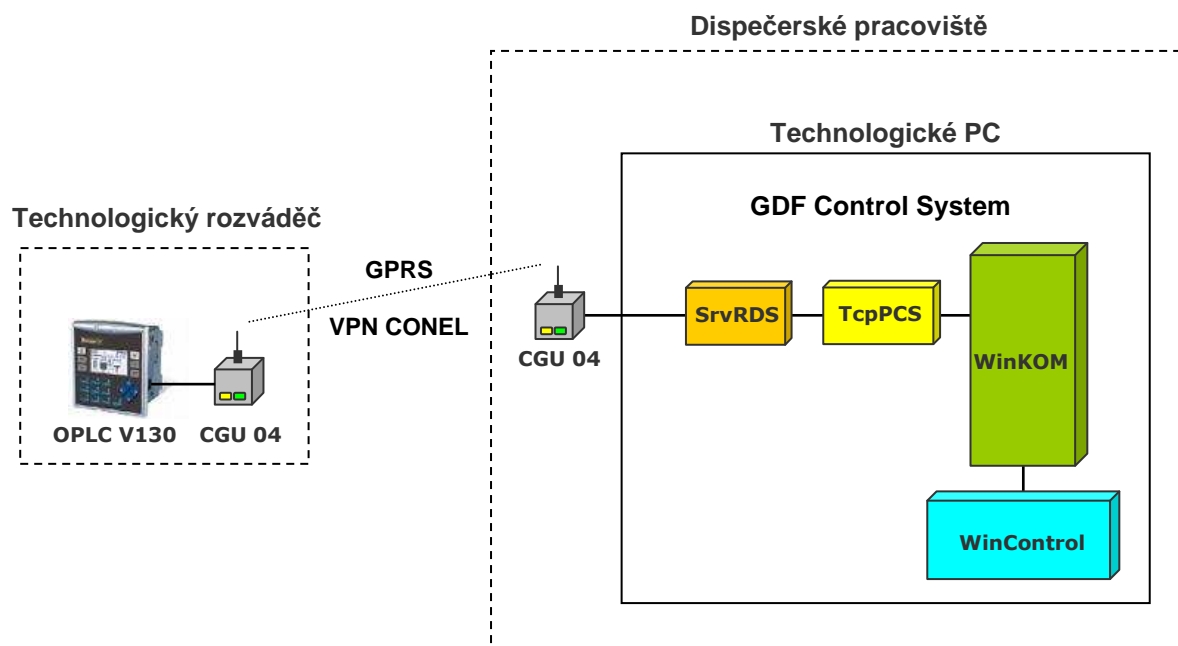
GSM modul		SIEMENS MC39i
Vyhovuje normám	Elektrická bezpečnost	ČSN EN 60 950:2000
	EMC	ČSN EN 550 22:1997
	Rádiové parametry	ČSN EN 301 489-1:V1.2.1; -7:V1.1.1
		3GPP TS51.010-1,V5.5.0
Frekvenční pásma		EGSM900 a GSM1800 (GSM Phase 2/2+)
Vysílací výkon		Třída 4, 2 W pro EGSM900 Třída 1, 1 W pro GSM1800
GPRS připojení		GPRS multi-slot třída 10 (4+2) GPRS mobilní stanice třída B
Komunikační rychlost	vysílání	2 x Time slot (max. 42,8 kb/s)
	příjem	4 x Time slot (max. 85,6 kb/s)
Teplotní rozsah	funkce	-20 °C až +55 °C
	skladování	-40 °C až +85 °C
Napájecí napětí (palubní automobilová síť)		+10 až +30 V stejnosměrných

Tab. 2. Výběr technických parametrů modemu CGU 04 [6]

3.8 Struktura systému řízení GDF Control System na centrálním dispečinku

Srdcem systému řízení GDF Control System je technologické PC umístěné na centrálním dispečerském pracovišti. V PC je spuštěný software od firmy GDF spol. s r.o., který obsahuje jednotlivé SW moduly.

Technologické PC komunikuje s technologickým rozváděčem pomocí GPRS modemu CG04 od firmy CONEL, který používá pro svou komunikaci virtuální privátní datovou síť poskytovanou výrobcem.



Obr. 8. Struktura systému řízení GDF Control System

SrvRDS

Zajišťuje propojení a řízení komunikace mezi modemem CGU04 a SW modulem TcpPCS. Modem CGU 04 je připojený k PC přes sériové rozhraní RS-232.

TcpPCS

Konvertuje data z protokolu Modbus do formátu dat kompatibilního se systémem řízení GDF Control System. Objekty, které obsahuje TcpPCS, jsou poskytovány SW modulu WinKom, který řídí jejich komunikaci.

WinKom

V pravidelných intervalech komunikuje s technologickými objekty, v tomto případě s objektem vybaveným OPLC řady V130.

WinKom dále zajišťuje správu uživatelských hesel, ukládání dat z objektů do své databáze, řízení podle zadaných algoritmů (např. praní filtrů na úpravárnách vody) a zasílání informací o mezních stavech např. pomocí SMS.

WinControl

Je program pro vizualizaci. Jádrem jsou databáze BDE (Borland Database Engine). WinControl umožňuje vlastní vizualizaci objektu, uživatelsky definovatelné mezní stavy pro jednotlivé prvky, ovládání jednotlivých objektů a nastavování jejich řízení (pomocí tabulky řízení), zobrazování datových a zprávových žurnálů a mnoho dalších funkcí.

3.9 I/O (vstupy/výstupy) OPLC Vision V130-33-R34

Binární vstupy

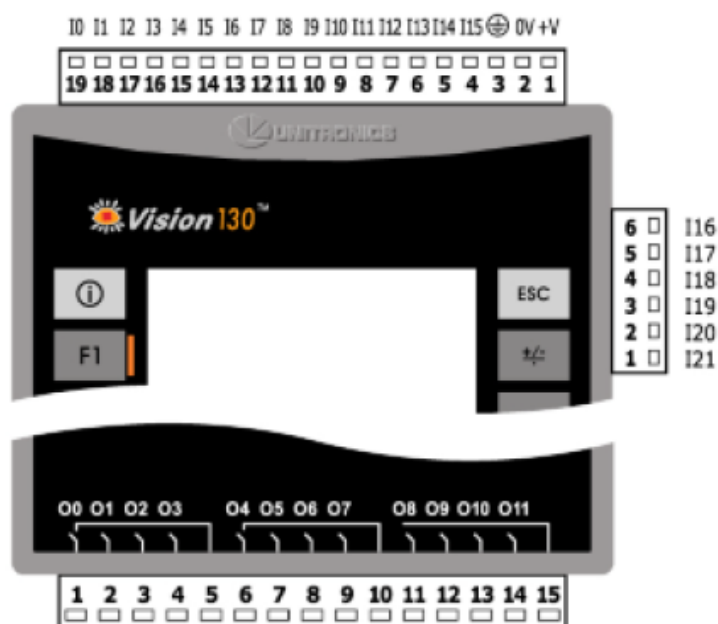
Vstup	Význam signálu
I0	Průtokoměr FIQ1 - pulsy
I1	Čidlo otevření skříně rozvaděče / zabezpečovací ústředna
I2	Čerpadlo M1 - Chod
I3	Čerpadlo M1 - Porucha
I4	Čerpadlo M1 - Automat
I5	Čerpadlo M1 - Průsak ucpávkou
I6	Čerpadlo M2 - Chod
I7	Čerpadlo M2 - Porucha
I8	Čerpadlo M2 - Automat
I9	Čerpadlo M2 - Průsak ucpávkou
I10	Plovák /minimální hladina (negace)
I11	Plovák maximální hladina
I12	Napájení 400V OK
I13	Přítomnost obsluhy - zabezpečovací ústředna

Binární výstupy

Výstup	Význam signálu
O0	Zapni čerpadlo M1
O1	Zapni čerpadlo M2

Analogové vstupy

Vstup	Význam signálu
AN0	Hladina kalové vody LIC1
AN1	Průtok kalové vody FIQ1



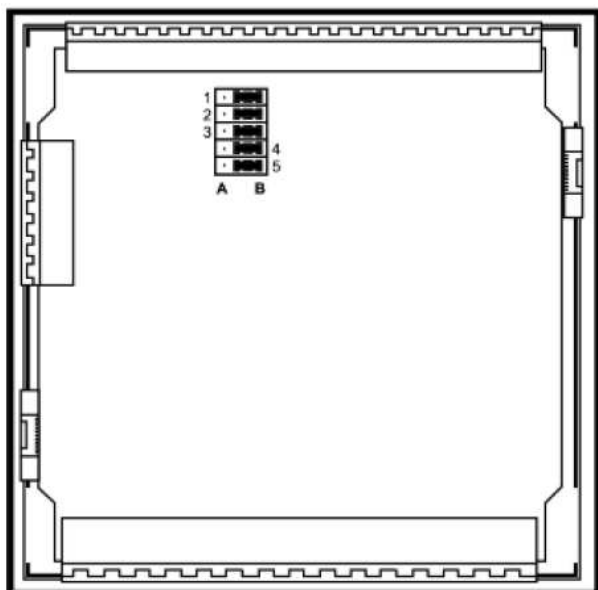
Obr. 9. Rozmístění vstupů / výstupů na OPLC Vision V130-33-R34 [2]

3.10 Konfigurace OPLC Vision V130-33-R34

Před prvním použitím je nutné u OPLC provést prvotní konfiguraci, tj. nastavit pomocí propojek uvažované funkce vstupů, jako například zda bude daný vstup binární nebo analogový, u analogových vstupů lze zvolit napěťový nebo proudový vstup a v neposlední řadě je nutné nastavit typ binárních vstupů s ohledem na jejich HW zapojení – typ npn nebo pnp.

Dle použitého HW zapojení je třeba nastavit vstupy I14 a I15 jako analogové vstupy, tj. propojky JP1 a JP2 nastavit do polohy A. Dále je nutné nastavit typ analogového vstupu jako proudový. Propojky JP4 a JP5 se přestaví do polohy B.

Typ binárních vstupů se nastaví na pnp (source). Propojka JP3 se přestaví do polohy B. Více informací ohledně volby typů binárních vstupů lze najít v kompletní technické dokumentaci pro OPLC Vision V130-33-R34 [2].



Vstup I14 / I15: typ DI / AI		
Nastavit na:	JP1(14)	JP2(15)
Analogový	A	A
Binární	B	B
Vstup I0 – I21: typ npn / pnp		
Nastavit na:	JP3	
nnp (sink)	A	
pnp (source)	B	
Analogový vstupy I14, I15		
Nastavit na:	JP4	JP5
Napěťový	A	A
Proudový	B	B

Tab. 3. Význam propojek JP1-JP5 [2]

Obr. 10. Rozmístění nastavovacích propojek na snap-in modulu [2]

3.11 Konfigurace GSM-GPRS modemu CGU 04

Modem CGU 04 se parametrizuje pomocí programu Radwin od firmy CONEL. Pro správnou funkci modemu a přenosu dat je nutné specifikovat vlastní IP adresu použité SIM, číslo virtuální privátní sítě, lokální DNS server, globální DNS server a logické číslo stanice v dané síti (přiřazuje se vždy pro daný komunikační port).

Použitému komunikačnímu rozhraní RS-232 se přiřadí komunikační protokol Modbus RTU, v aplikaci Radwin je označený jako Modbus *.

Nastavené parametry komunikace pro RS-232 a protokol Modbus RTU:

Rychlost: 57600
Nastavení parity: žádná
Počet datových bitů: 8
Počet stop bitů: 1
Řízení komunikace: žádné
Typ chování rozhraní: RS-232

4 Tvorba a testování řídicí aplikace

Celá aplikace je vytvořena ve vývojovém prostředí VisioLogic. Prostředí obsahuje i českou lokalizaci a je dodáváno zdarma ke každému OPLC.

Vytvoření programu a jeho odladění bylo asi nejnáročnější částí této práce. Popis programu a jeho funkcí je proveden pouze jako funkční popis. Konkrétní řešení programu, včetně komentářů, je uvedeno ve zdrojovém kódu jako příloha č. IX.

4.1 Návrh struktury aplikace

Vývojové prostředí VisioLogic – popis, možnosti

Vývojové prostředí VisioLogic umožňuje tvorbu programu a vizualizace pro OPLC Vision. Je rozděleno na dvě hlavní části:

- Tvorba programu v jazyku Ladder.
- Tvorba HMI (vizualizace pro displej, funkce kláves, ...).

Program v ladderu je možné pro větší přehlednost rozdělit do jednotlivých subrutin. Bohužel vývojové prostředí neumožňuje tvorbu uživatelských funkčních bloků jako např. vývojové prostředí STEP 7 pro PLC Simatic.

Také HMI displeje lze rozdělit na hlavní moduly a jejich jednotlivé displeje. Vždy jeden displej je hlavní a zobrazí se jako první po zapnutí OPLC.

Vývojové prostředí dále zabezpečuje:

- Komunikaci s OPLC a obousměrný přenos programu (řídicí aplikace).
- Kompletní správu aplikace (porovnávání různých verzí aplikace, tisk dokumentace, ...).
- Vzdálenou správu OPLC (sledování stavu OPLC, změna aplikace, ovládání OPLC, ...).
- Export symbolických názvů proměnných do MS Excel a také jejich zpětný import.

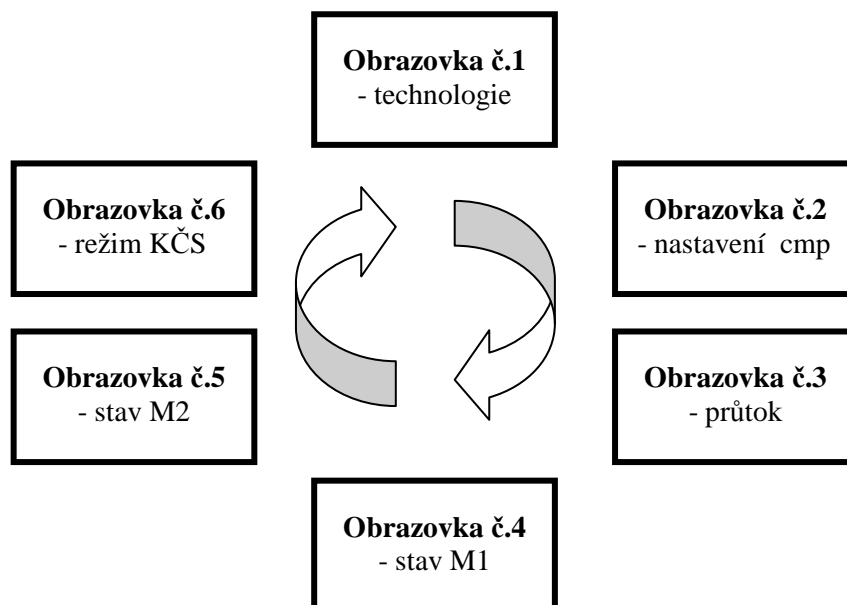
Filozofie ovládání aplikace

Rozlišení displeje OPLC je 128x64 bodů a velikost displeje 2,4“. Z toho plyne nutnost rozdělit zobrazení stavu technologie kanalizační čerpací stanice na více obrazovek. Řídicí aplikace pro OPLC může obsahovat až 256 takovýchto obrazovek.

Zobrazení informací o technologii KČS je rozděleno na několik základních obrazovek. Přepínání mezi jednotlivými obrazovkami je možné pomocí kurzorových kláves (šipka vlevo a šipka vpravo) na klávesnici OPLC. Na určených obrazovkách se stiskem šipky nahoru zobrazí obrazovka s grafem trend pro danou měřenou veličinu (hladina, průtok). Na některých obrazovkách je možné nastavit další parametry (motoshodiny u čerpadel, protečené množství u průtokoměru, ...). Na tuto možnost upozorňuje uživatele u dané klávesy znak ↵. Pro vstup do nastavení parametrů je použita klávesa Enter, pro návrat zpět do dané obrazovky pak klávesa ESC.

Pokud uživatel na kterékoli základní obrazovce stiskne na OPLC klávesu (i), přepne se do hlavní obrazovky, která zobrazuje přehled o stavu celé technologie KČS.

Řídicí aplikace v OPLC obsahuje také menu pro servisní účely. Přístup do servisního menu je možný pouze po zadání příslušného hesla. Servisní menu obsahuje položky pro nastavení rozsahu hladinové sondy, nastavení rozsahu průtokoměru, nastavení zobrazení a další funkce.



Obr. 11. Návrh struktury obrazovek pro HMI OPLC Vision V130

4.2 Implementace kódu

Implementace vlastního kódu v prostředí VisioLogic je rozdělena do několika částí. Nejprve je nutné nadefinovat používaný hardware, poté se vytvoří program v ladderu a následuje tvorba obrazovek (displejů) pro HMI.

4.2.1 VisioLogic – definice použitého HW

Jako první je třeba v programu VisioLogic vytvořit nový projekt a definovat v něm použitý hardware. OPLC se skládá ze dvou částí - vlastní modul OPLC a tzv. Snap-In modul.

V menu programu zvolíme v menu položku Zobrazit / Konfigurace HW a nastavíme typ OPLC V130-33 a Snap-In modul V130-33-R34.

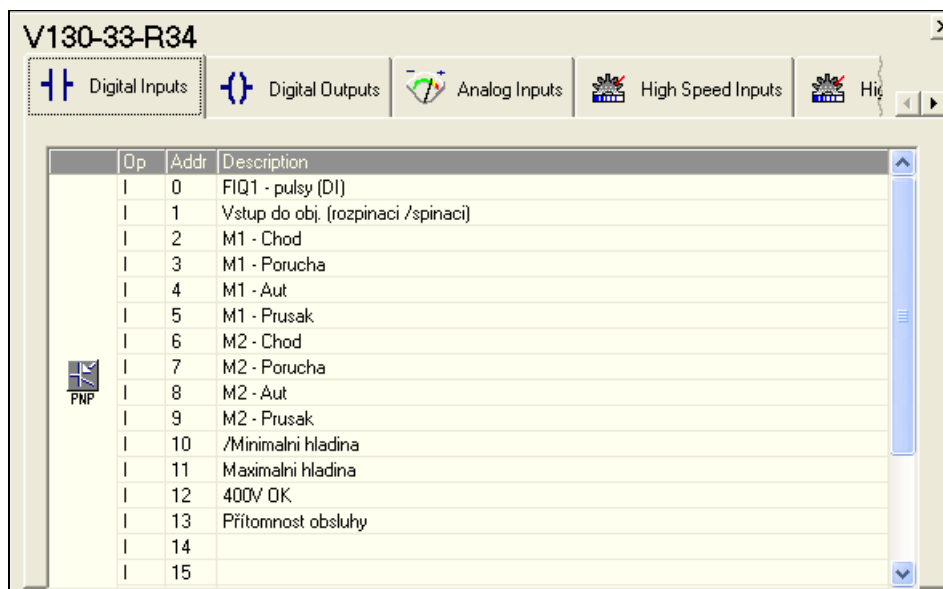


Obr. 12. Definice použitého HW ve VisioLogic [7]

Konfigurace Snap-In modulu:

Binární vstupy:

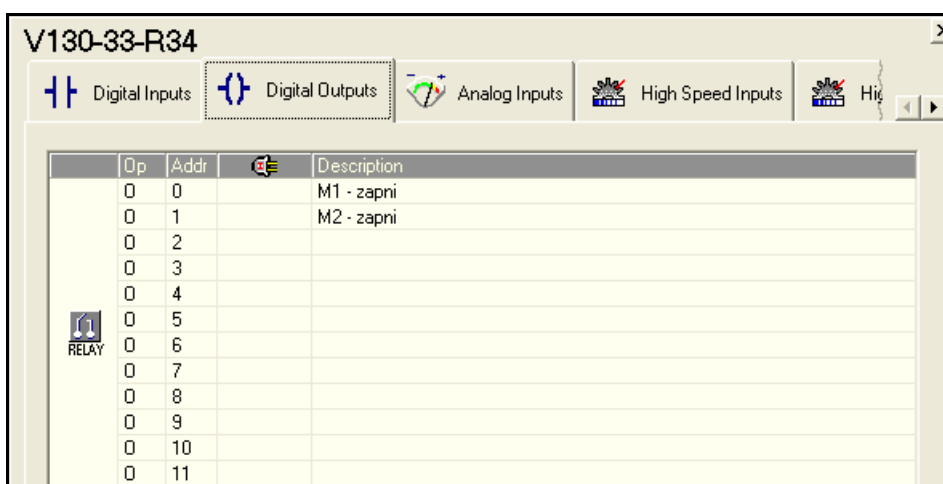
- Nastavit typ PNP.
- Zadat popis a adresaci jednotlivých binárních vstupů.



Obr. 13. Konfigurace Snap-In modulu – Modbus vstupy [7]

Modbus výstupy:

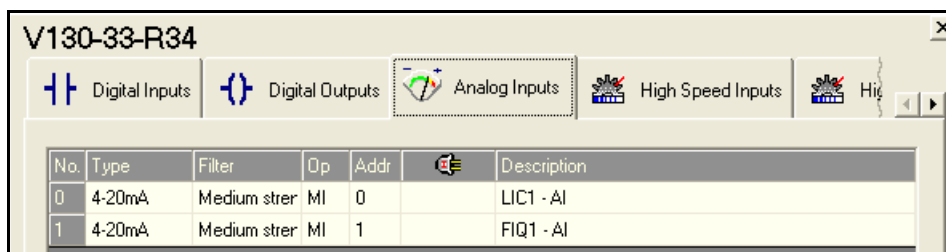
- Zadat popis a adresaci jednotlivých binárních výstupů.



Obr. 14. Konfigurace Snap-In modulu – Modbus výstupy [7]

Analogové vstupy:

- Nastavit typ 4-20mA.
- Nastavit filtraci (střední filtrace).
- Zadat popis a adresaci jednotlivých analogových vstupů.
- Zadat proměnné, do kterých se bude ukládat změřená analogová hodnota.



Obr. 15. Konfigurace Snap-In modulu – analogové vstupy [7]

4.2.2 Ladder – popis možností

S ohledem na větší přehlednost je program v ladderu rozdělený na více subrutin. Každá subrutina vykonává dílčí část celého programu.

Samotné programování se děje pomocí propojování jednotlivých prvků. Je možné vkládat prvky reléové logiky (kontakty, cívky, ...), časovače, čítače, prvky pro porovnávání, matematické prvky, prvky pro číslicovou logiku (AND, OR, ...) a mnoho dalších prvků z předpřipravených knihoven.

Základním stavebním prvkem jsou však samotné cívky (klasické, s funkcí Set nebo Reset) a kontakty (spínací, rozpínací, s náběžnou nebo sestupnou hranou). Pomocí těchto základních prvků a jejich vhodného propojení je možné vytvořit žádanou funkci programu.

Přímo z ladderu je možno ovládat i aktuální zobrazení na displeji OPLC, tj. je možno přímo na základě splnění dané podmínky zobrazit požadovanou obrazovku.

VisioLogic používá několik základních typů proměnných:

Zkratka	Označení	Význam
I	Inputs	fyzické vstupy
O	Outputs	fyzické výstupy
T	Timers	časovače
C	Counters	čítače
MB	Memory Bits	proměnné typu BOOL (paměťové bity)
MI	Memory Integer	proměnné typu INTEGER (16 bit)
ML	Memory Long	proměnné typu LONG INTEGER (32 bit)
SB	System Bits	jako MB, systémové bity, monitoring a nastavování OPLC
SI	System Integer	jako MI, systémové proměnné, monitoring a nastavování OPLC

Komunikace mezi PC (vývojové prostředí VisioLogic) a OPLC může probíhat přes sériový port RS-232 nebo přes rozhraní Ethernet. Pak ale musí OPLC obsahovat rozšiřující komunikační modul s rozhraním Ethernet. Do OPLC lze nahrát vytvořený program, provádět on-line ladění programu, nastavovat vstupy/výstupy a jednotlivé proměnné pomocí příkazu force.

Vytvořený program lze do OPLC nahrát i takovým způsobem, aby bylo nebylo možné program uploadovat (nahrát) zpět do PC. Tato možnost je velmi užitečná z hlediska zabezpečení programu proti jeho neoprávněnému použití.

Samotný program je rozdělený na tyto subrutiny:

- !Main Routine (Hlavní subrutina):
 - Volání jednotlivých subrutin, podmíněné volání subrutin.
 - Ovládání servisního menu.
 - Komunikace Modbus.
- FIQ1-zpracování:
 - Měření průtoku, nastavení protečeného množství.
- LIC1-zpracování:
 - Měření hladiny, komparátory hladiny.
- LIC1-PlovHL:
 - Simulace hladiny dle plováků (plováková hladina).
- Indikace:
 - Indikace provozních stavů KČS.
- M12-režim 1M:
 - Logika ovládání čerpadel – režim záskok.
- M12-režim 2M:
 - Logika ovládání čerpadel – režim souběh (kaskáda).
- M12-PlovHL 1M:
 - Logika ovládání čerpadel – režim záskok při plovákové hladině.
- M12-PlovHL 2M:
 - Logika ovládání čerpadel – režim souběh (kaskáda) při plovákové hladině.
- M12-volba režimu:
 - Volba režimu KČS:
 - střídání motorů (po vypnutí / dle motohodin).
 - režim čerpadel (souběh / záskok)
 - plováková hladina (zapnuto / vypnuto)
 - Střídání čerpadel po vypnutí (je-li zvoleno).
 - Řízení přístupu do servisního menu.
- M1-Motohod:
 - Výpočet motohodin, nastavení motohodin pro střídání - M1.
- M2-Motohod:
 - Výpočet motohodin, nastavení motohodin pro střídání - M2.
- Servis-inicializace:
 - Inicializace - uvedení aplikace v OPLC do výchozího nastavení.
- Vstup do obj.:
 - Indikace o zabezpečení objektu.
 - Vstup do objektu (rozvaděče), přítomnost obsluhy a jejich nastavení.
- Komunikace:
 - Vytvoření datové oblasti pro komunikaci pomocí protokolu Modbus.

4.2.3 Funkce jednotlivých částí programu

Analogové veličiny - filtrace, linearizace

Analogová veličina je v OPLC změřena 10 bit A/D převodníkem. Při použití proudového analogového vstupu z rozsahem 4-20 mA tedy obdržíme po změření hodnotu v rozsahu 204 - 1024. Tuto hodnotu je potřeba převést na veličinu ve fyzikálních jednotkách, např. na výšku hladiny v m.

K převodu je použitý prvek LINEAR. Ten převádí danou hodnotu z jednoho rozsahu (např. 204 - 1024) na jiný rozsah (např. 0 - 600). Maximální rozsah dané veličiny ve fyzikálních jednotkách se zadává ze servisního menu (např. rozsah hladinové sondy).

Prvek LINEAR má celkem 6 parametrů: rozsah vstupní veličiny (min., max.), rozsah výstupní veličiny (min., max.), proměnná určující vstup (měřený analogový vstup) a proměnná určující kam bude ukládán výsledek převodu (měřená veličina ve fyzikálních jednotkách). V programu se pracuje pokud možno s celými čísly, tj. např. hodnota hladiny 3,45m je prezentována číslem 345. Při zobrazení takové hodnoty se na displeji HMI definuje, kolik desetinných míst daná hodnota obsahuje.

Po provedení linearizace je analogová veličina filtrována. V ladderu je nutné použít nejprve blok FILTER CONFIG, který definuje vlastnosti filtrace a poté vlastní blok pro filtraci FILTER CALC.

Měření protečeného množství u indukčního průtokoměru

Z indukčního průtokoměru se vyhodnocuje informace o protečeném množství v m³ pomocí pulsů. Tyto pulsy se počítají, následně se vynásobí vahou jednoho pulsu, která se zadává ze servisního menu. Po úpravě je výsledkem hodnota protečeného množství v m³. Tuto hodnotu je ale třeba také nastavovat z HMI OPLC (např. při výměně průtokoměru). Proto je nutné počítat výsledné protečené množství metodou inkrementace hodnoty. Při matematickém výpočtu by nebylo možné hodnotu nastavit ručně. Nově zadaná hodnota by se přepisovala hodnotou vypočítávanou. Ovšem při počítání pomocí inkrementace (zvýšení množství o 1 m³) se tento problém eliminuje.

Plováková hladina

Při poruše hladinové sondy je možné přejít na režim plovákové hladiny. Čerpadla jsou řízena pouze od plováků a úroveň hladiny v jímce je indikována skokově dle stavu plováků v jímce. V servisním menu se zadají informace o výškách jednotlivých plováků (spodní a horní úroveň pro plovák minimální hladiny a horní úroveň pro plovák maximální hladiny).

Z takto zadaných výšek je možné simulovat výšku hladiny ve třech úrovních. Význam plovákové hladiny je hlavně pro obsluhu (uživatele), kdy je možné alespoň orientačně určit výšku hladiny v jímce bez znalosti v jakých výškách jsou instalovány jednotlivé plováky.

Komparátory

Program obsahuje 2 komparátory pro řízení čerpadel od hladiny. Jsou označeny jako LIC1a a LIC1b. Komparátor LIC1a řídí první čerpadlo, komparátor LIC1b řídí druhé čerpadlo (pouze v režimu souběh).

Komparátory jsou realizovány pomocí prvků větší nebo rovno, případně menší nebo rovno. Dle zadaných minimálních a maximálních úrovní hladiny se nastavuje nebo resetuje daná proměnná, která slouží k řízení čerpadel (povoluje čerpadlo od hladiny). Rozdíl mezi zadanou zapínací a vypínací značkou u komparátoru určuje jeho hysterezi.

Měření motohodin, střídání dle motohodin

Při chodu čerpadla se měří doba chodu. Označuje se jako motohodiny. Motohodiny jsou využity pro střídání čerpadel. Dále informují o opotřebovanosti čerpadel a případně o nutnosti jejich servisu.

Jakmile čerpadlo běží, počítá se pomocí inkrementace doba chodu v sekundách. Jakmile dosáhne doba chodu na čítači hodnoty 3600s (1 motohodina), inkrementuje se další počítadlo o hodnotu 1 a počítadlo „motosekund“ se vynuluje. Díky tomuto postupu je opět možné výsledné motohodiny nastavovat na libovolné číslo (např. při výměně čerpadla).

Pokud je zvolen režim střídání čerpadel dle motohodin, aktivuje se na obrazovce s nastavením motohodin pro dané čerpadlo i displej pro nastavení motohodin pro střídání. V opačném případě je tento displej skrytý.

Hodnota motohodin pro střídání se převede na přednastavený údaj čítače pomocí prvku ST CP. Jakmile tento čítač napočítá nastavený počet (přeteče), dojde k přepnutí na druhé čerpadlo a vynulování čítače.

Indikace

Indikace stavů čerpadel je pro každé čerpadlo třístavová (chod, porucha, není chod). V dané proměnné se dle provozních stavů ukládá hodnota 0-2 a podle ní se na obrazovkách HMI zobrazuje stav čerpadla.






Při aktivním signálu průsak ucpávkou čerpadla se rozbliká indikátor průsaku na obrazovce pro M1 nebo M2. Podmínkou je ovšem povolení zobrazení a vyhodnocování průsaku, které se nastavuje ze servisního menu.

Sdružená porucha KČS je indikována na hlavní technologické obrazovce pomocí blikajícího symbolu vykřičníku.

Sdružená porucha nastane při těchto stavech:

- Minimální hladina – plovák (pokud není režim plovákové hladiny).
- Maximální hladina – plovák.
- M1 nebo M2 – není v přepnut v automatickém režimu řízení.
- M1 nebo M2 – porucha.
- M1 nebo M2 – průsak (je-li povoleno zobrazení průsaku).

Na hlavní technologické obrazovce jsou zobrazeny i tyto signály:

- Výpadek nebo chyba sledu fází napájecího napětí, bliká symbol .
- Vstup do objektu, bliká symbol .
- Přítomnost obsluhy, zobrazí se symbol .
- Plováková hladina, zobrazí se symbol Plov.
- Minimální hladina - plovák, zobrazí se symbol .
- Maximální hladina - plovák, zobrazí se symbol .

Vstup do objektu, přítomnost obsluhy

V servisním menu je možné povolit/zakázat indikaci vstupu do objektu (do rozvaděče). Je možné nastavit i to, zda se používá pro aktivaci rozpínací kontakt (rozpojení hlídacích smyčky = alarm) nebo zda je použitý pro aktivaci spínací kontakt (při použití zabezpečovací ústředny).

Dále je možno v servisním menu povolit indikaci přítomnosti obsluhy (při připojení zabezpečovací ústředny).

Režim provozu KČS

Na základní obrazovce s názvem Režim KČS lze zvolit režim provozu. Je zde zobrazeno aktuálně nastavené číslo pro komunikaci přes Modbus. Z této obrazovky je možné vstoupit do servisního menu.

Lze zvolit tyto režimy:

- Střídání dle motohodin.
- Střídání po vypnutí čerpadel.
- Režim provozu čerpadel záskok.
- Režim provozu čerpadel souběh.
- Plováková hladina zapnuto nebo vypnuto.
- Přístup do servisního menu.

Střídání dle motohodin:

- Chod čerpadel je střídán dle nastavených motohodin.
- V tomto režimu je zaručeno, že obě čerpadla budou stejně opotřebovaná, tj. servis a potřebná údržba se provede ve stejnou dobu.

Střídání po vypnutí:

- Chod čerpadel je střídán po vypnutí jednoho z čerpadel. Např. pokud běží čerpadlo M1, tak po jeho vypnutí a splnění povolovacích podmínek poběží čerpadlo M2.
- Tato funkce je žádána některými zákazníky a technology.

Režim záskok:

- Čerpadlo je zapnuto pokud jsou splněny podmínky:
 - Povolení od komparátoru hladiny nebo od plováku.
 - Je 400V OK.
 - Čerpadlo není v poruše.
 - Na ovládacím panelu je čerpadlo přepnuté do automatického režimu.
 - Čerpadlo je dálkově zapnuté (z centrálního dispečinku).
- V chodu je jen jedno čerpadlo, v případě jeho poruchy nebo nezpůsobilosti k chodu zaskakuje druhé čerpadlo.
- Nezpůsobilost k chodu: čerpadlo není přepnuto do automatického režimu řízení nebo není dálkově zapnuto (z dispečerského pracoviště).
- Obě čerpadla jsou blokována plovákem minimální hladiny.
- Plovák maximální hladiny má nejvyšší prioritu, tj. spouští vždy čerpání. Je to jakási bezpečnostní funkce pro případ selhání hladinové sondy. Takto je zajištěno že nedojde k přetečení kalové jímky např. na ulici.

Režim souběh:

- Čerpadlo je zapnuto pokud jsou splněny podmínky:
 - Povolení od komparátoru hladiny nebo od plováku.
 - Je 400V OK.
 - Čerpadlo není v poruše.
 - Na ovládacím panelu je čerpadlo přepnuté do automatického režimu.
 - Čerpadlo je dálkově zapnuté (z centrálního dispečinku).
- Při tomto režimu se povolí zobrazení druhého komparátoru hladiny (pro 2. čerpadlo).
- Pokud se hladina zvýší nad zapínací značky komparátoru pro první čerpadlo (LIC1a), spustí se čerpání jedním motorem. Pokud je ovšem přítok takový, že jedno čerpadlo nestačí vyčerpat jímku a hladina se dále zvyšuje až nad zapínací značky komparátoru pro druhé čerpadlo

(LIC1b), spustí se i druhé čerpadlo a jímka se vyčerpá. Poté se opět čeká na zvýšení hladiny na značky prvního a případně druhého komparátoru.

- Čerpadla jsou střídána dle zvoleného režimu (dle motohodin/po vypnutí) pouze pokud se čerpá jedním čerpadlem dle komparátoru LIC1a.
- Obě čerpadla jsou blokována plovákem minimální hladiny.
- plovák maximální hladiny má nejvyšší prioritu, tj. spouští vždy čerpání

Servisní menu:

- Pro přístup do servisního menu je nutné stisknout 4x klávesu nula a zadat heslo.
- Bohužel přes veškeré snahy se nepodařilo upravit displej pro zadávání hesla tak, aby při zadávání hesla byly vidět pouze hvězdičky. Dle sdělení technické podpory výrobce se jedná o chybu firmware OPLC řady V130 a na odstranění se pracuje. Po zadání správného hesla se zobrazí servisní menu.
- Je zde vidět aktuální reálný čas a datum v OPLC, verze použitého SW.
- Umožňuje zobrazit jednoduchý I/O monitor.

Servisní menu umožňuje zadat:

- Rozsah hladinové sondy a indukčního průtokoměru.
- Nastavení výšek plováků.
- Nastavení zobrazení:
 - ◆ Zobrazovat měření průtoku ANO/NE.
 - ◆ Zobrazovat indikaci průsaku čerpadel ANO/NE.
 - ◆ Zobrazovat indikaci vstupu do objektu ANO/NE.
 - ◆ Kontakt pro vstup do objektu Rozpínací/Spínací.
 - ◆ Zobrazovat indikaci přítomnosti obsluhy ANO/NE.
- Číslo pro Modbus (rozsah 0-255).
- Zapnutí čerpadla M1, M2. Pro účely zprovoznění KČS nahrazuje zapnutí čerpadel z centrálního dispečerského pracoviště.
- Inicializaci OPLC - uvede OPLC do výchozího nastavení (režim záskok, střídání po vypnutí, nastavení hodnoty komparátoru LIC1a a výšek plováků).

Komunikace

Program v OPLC používá několik typů proměnných jako např. MB, MI, ML. Každý typ proměnné má definované místo v paměti. Pokud je třeba pomocí protokolu Modbus přečíst proměnné MB10 a MI 20 jsou k tomu nutné dva dotazy (dvě komunikace), důvodem je že obě proměnné leží v různých částech paměti a nejedná se o souvislou paměťovou oblast. Při načítání více proměnných různých datových typů, by byla komunikace s OPLC složená z více dotazů. Více dotazů znamená i vyšší náklady na datový přenos. Při přenosu dat přes GPRS se platí za přenesená data.

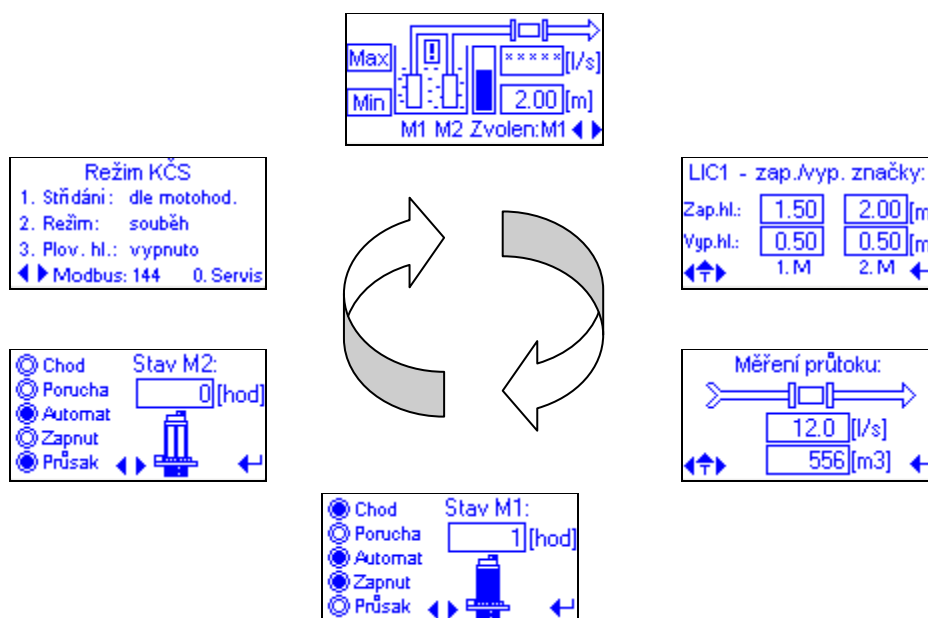
Z důvodu eliminovat při čtení dat z OPLC počet dotazů na minimum a tím snížit náklady na komunikaci bylo třeba vytvořit souvislou datovou oblast v paměti OPLC. Odtud se budou přes protokol Modbus načítat data na centrální dispečerské pracoviště pomocí jediného dotazu. Do této datové oblasti stačí zkopírovat stavy jednotlivých proměnných určených pro datový přenos. K těmto účelům slouží ve VisioLogic prvky VECT COPY a STRUCT. Úplný seznam přenášených signálů, včetně jejich adresace přes Modbus, je součástí této práce jako příloha č. I.

4.2.4 HMI – jednotlivé obrazovky

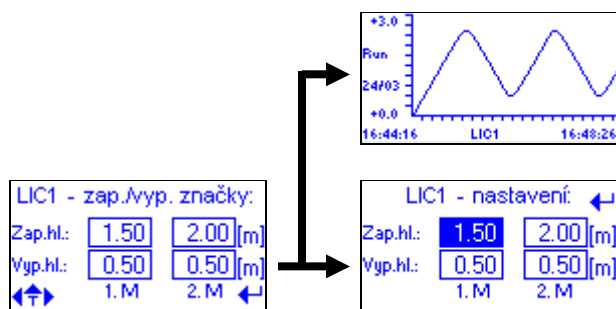
Na jednotlivých obrazovkách je kromě informací o stavu technologie také zobrazena nápověda pro uživatele, jaké jsou možnosti ovládání. Pokud je možné nastavit daný parametr, je zobrazen u klávesy Enter symbol ↵. Pro návrat z obrazovky pro nastavení je znak ↵ zobrazen u klávesy ESC. Znak ◀▶ informuje o možnosti přejít na další obrazovku stiskem klávesy šipka vlevo nebo vpravo. Na vybraných obrazovkách je možné stiskem klávesy šipka nahoru zobrazit graf trend.



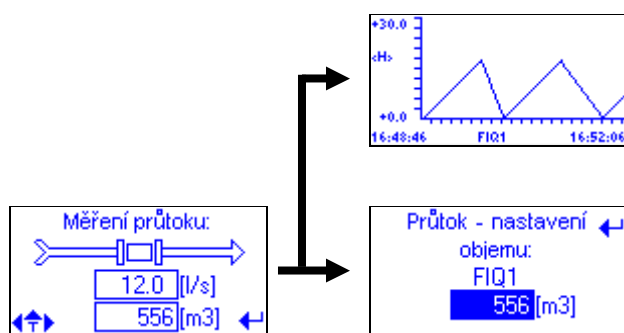
Obr. 16. OPCL V130 se zobrazenou hlavní technologickou obrazovkou



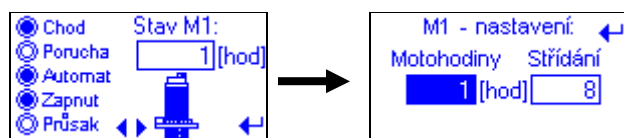
Obr. 17. Struktura obrazovek pro HMI OPLC Vision V130



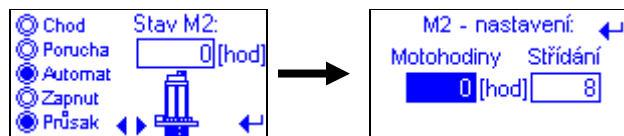
Obr. 18. Stav a nastavení komparátorů LIC1a, LIC1b, obrazovka pro nastavení komparátorů, graf trend pro hladinu



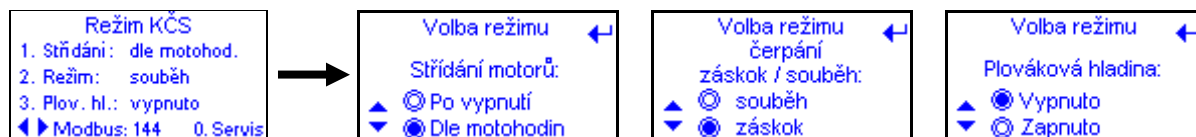
Obr. 19. Měření průtoku, nastavení objemu, graf trend pro průtok



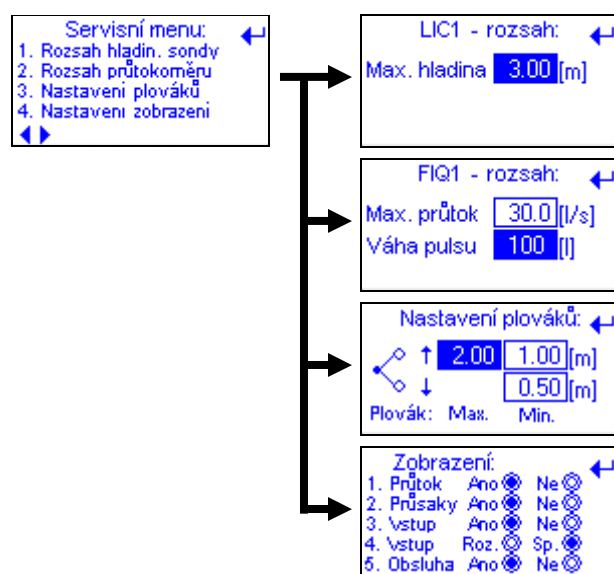
Obr. 20. Stav čerpadla M1, nastavení motohodin a motohodin pro střídání



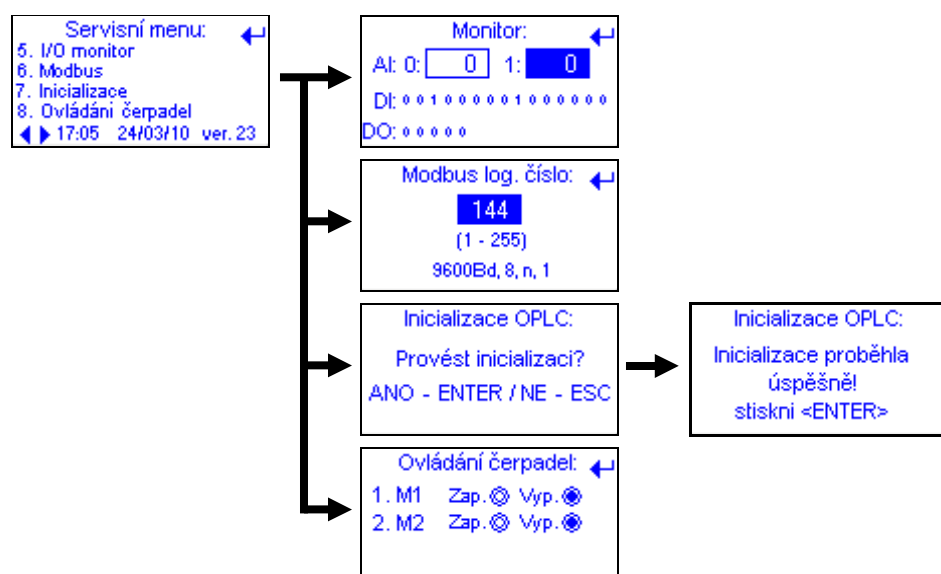
Obr. 21. Stav čerpadla M2, nastavení motohodin a motohodin pro střídání



Obr. 22. Volba režimu KČS



Obr. 23. Servisní menu – 1. část



Obr. 24. Servisní menu – 2. část

4.2.5 Funkce typizovaného řídicího systému pro KČS

Navržený typizovaný řídicí systém je možné použít pro řízení většiny současných kanalizačních čerpacích stanic. Program, který běží v OPLC, lze nastavit tak, aby vyhovoval požadavkům zákazníka. Cílem bylo zahrnout do funkce řídicího systému zákazníky nejčastěji používané typy řízení KČS.

Nastavit lze tyto režimy a jejich vzájemné kombinace:

Měření průtoku na výtlaku

Pokud je KČS vybavena měřením průtoku lze povolit zpracovávání měření. V opačném případě je možné měření průtoku vypnout. Na hlavní technologické obrazovce se potom značka průtokoměru nahradí potrubím a displej s naměřeným průtokem není viditelný.

Průsak čerpadel

Lze zapnout nebo vypnout zobrazení a vyhodnocování průsaků u čerpadel.

Vstup do objektu, přítomnost obsluhy

Při použití zabezpečovací ústředny v rozvaděči a připojení signálů (vstup do objektu, přítomnost obsluhy) k OPLC lze povolit zobrazení a zpracování těchto signálů. Oba signály se zobrazují na hlavní technologické obrazovce.

Navíc lze určit zda je signál vstup do objektu aktivován spínacím nebo rozpínacím kontaktem. Při použití zabezpečovací ústředny se většinou používá kontakt spínací. Pokud se jedná o indikaci např. otevřených dveří, používá se kontakt rozpínací

Režim střídání dle motohodin nebo po vypnutí čerpadel

V režimu střídání dle motohodin zadá uživatel požadovanou hodnotu motohodin pro střídání. Jakmile dané čerpadlo dosáhne nastavené hodnoty motohodin, je zvoleno čerpadlo druhé.

V režimu střídání po vypnutí je chod čerpadel střídán vždy po vypnutí jednoho z čerpadel, na obrazovkách jednotlivých čerpadel se nezobrazuje displej k zadávání motohodin pro střídání.

Režim provozu čerpadel záskok nebo souběh

V režimu záskok je trvale v chodu jen jedno čerpadlo a druhé zaskakuje v případě poruchy nebo nemožnosti chodu prvního čerpadla.

V režimu souběh běží první čerpadlo a po zvýšení hladiny na definovanou úroveň se spouští i druhé čerpadlo.

Servisní menu

Aplikace v OPLC je doplněna o servisní menu, které umožňuje nastavení všech výše uvedených parametrů.

4.3 Testování

Testování celé aplikace probíhalo nejprve pouze na testovacím panelu. Postupně byly prověřovány funkce jednotlivých subrutin. Při testování se objevily chyby zejména u subrutin pro řízení čerpadel. Jednalo se o nevhodné pořadí povolujících podmínek pro sepnutí čerpadel. Po analýze stavů, které v daný okamžik mohou nastat a opravě subrutin, bylo vše v pořádku.

V dalším kroku bylo OPLC osazeno do testovacího rozvaděče, který bude později využit pro předváděcí účely na výstavách. Opět byla otestována celá funkce řídicího systému pro KČS. Tentokrát však již v téměř reálných podmínkách. Hladinovou sondu a indukční průtokoměr nahradily dva nastavitelné proudové zdroje. Signály o stavu čerpadel (chod, porucha, automat, průsak) byly zapojeny přímo do HW ve skříni rozvaděče dle projektové dokumentace. Ostatní binární signály (plovákové snímače, vstup do objektu, ...) byly simulovány sadou spínačů. Během tohoto testování byly odhaleny již jen drobné chyby. Jednalo se především o nejednotnost fontů písem na jednotlivých obrazovkách.

Při testování komunikace přes GPRS modem CGU04 se vyskytnul problém s chybně zapojeným komunikačním kabelem mezi OPLC a modemem CGU04. Po nalezení příčiny a opravě zapojení kabelu byl proveden úspěšný test komunikace a přenos dat na druhý modem CGU04. Ten byl propojen s počítačem nahrazujícím pro testovací účely dispečerské pracoviště. Na počítači byl spuštěn software GDF Control System.

Při dalším testování komunikace byl odhalen problém týkající se nesouvislé datové paměti OPLC. Z tohoto důvodu nebylo možné načíst data z OPLC na jediný dotaz. Při více dotazech na data se navyšuje počet komunikací, doba komunikace a také náklady na komunikaci přes GPRS. Tyto poznatky byly zapracovány do programu v OPLC. Po změně programu a vytvoření souvislé datové oblasti v paměti OPLC, kde jsou uložena potřebná data, byla úspěšně otestována komunikace přes GPRS. K přenosu všech dat z OPLC na dispečink pak stačil pouze jeden dotaz přes protokol Modbus.

Zápis všech daných parametrů do OPLC, jako např. zápis motohodin u čerpadel nebo zápis značek komparátorů u hladiny, byl také úspěšně vyzkoušen.

Téměř u konce testování byla objevena koncepční chyba. Číslo určující adresu zařízení při komunikaci přes Modbus je zadáno přímo v programu a přitom se bude s každou aplikací měnit. Proto byl program doplněn o možnost zadat číslo pro Modbus ze servisního menu. Tato změna byla opět otestována a nebyl objeven žádný problém.

Řídicí systém je tedy připraven pro nasazení v praxi. V současné době je nasazen na několika kanalizačních čerpacích stanicích a běží ve zkušebním provozu. Po určité době provozu budou vyhodnoceny a zapracovány případné připomínky nebo nové požadavky.

5 Návrh a realizace vizualizace pro WinControl

Vizualizace v programu WinControl je určena pro centrální dispečerské pracoviště. Vizualizace musí být přehledná ale přesto dostatečně podrobná a musí umožňovat dispečerovy kompletní přehled o stavu daného objektu, konkrétně o stavu kanalizační čerpací stanice. Vizualizace také musí umožnit nastavení potřebných provozních hodnot (motohodiny u čerpadel, objem u průtokoměru, hodnoty značek komparátorů pro spínání čerpadel, ...).

5.1 Komunikace s řídicím systémem – OPLC Vision V130-33-R34

Vizualizace WinControl komunikuje s řídicím systémem v kanalizační čerpací stanici přes řetězec SW modulů WinKom, TcpPCS a SrvRDS. Popis jednotlivých SW modulů je uveden v kapitole 3.8 Struktura systému řízení GDF Control System na centrálním dispečinku.

Ve WinControl se zobrazuje poslední čas komunikace a její stav, tj. zda byla komunikace v pořádku nebo zda nastala chyba. V případě chyby komunikace se zobrazí i její chybový kód, podle kterého lze určit alespoň část technologie, kde nastal problém (OPLC, GPRS modem, sériový port v PC, ...).

5.2 Struktura obrazovek

V aplikaci WinControl je vizualizace objektu rozdělena na několik logických celků - obrazovek. Zákazníci firmy GDF spol. s r.o. jsou na toto dělení zvyklí a aktivně jej využívají pro efektivní vyhodnocování mezních a poruchových stavů. Obrazovky pro vizualizaci jsou zpracovány v souladu se standardy GDF Control System.

Vizualizace ve WinControl byla vytvořena konkrétně pro kanalizační čerpací stanici s názvem 144. ČS2 Kuchařovice. Kanalizační čerpací stanice je v tomto případě provozována v režimu záskok a střídání čerpadel je zvoleno dle motohodin.

Jednotlivé obrazovky pro vizualizaci jsou součástí této práce jako přílohy.

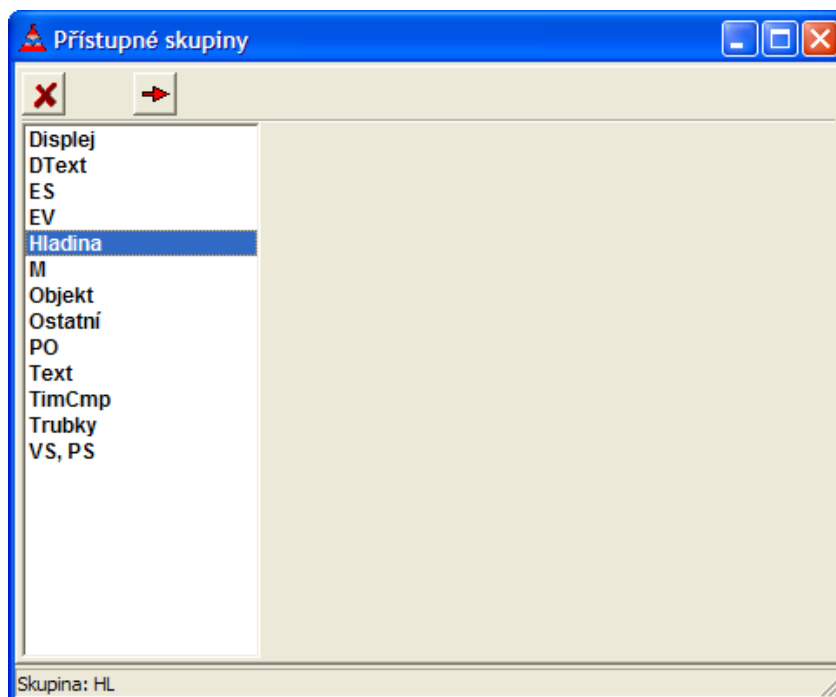
Vizualizace je rozdělena na obrazovky:

- Přehledová obrazovka:
 - Slouží k hrubému přehledu o stavu objektu (objektů).
 - Příloha č. II.
- Schématická obrazovka:
 - Obsahuje technologická schémata.
 - Příloha č. III.
- Hlavní obrazovka:
 - Technologická obrazovka objektu.
 - Příloha č. IV.
- Tabulka řízení:
 - Slouží k nastavení parametrů pro řízení objektu.
 - Příloha č. V.

5.3 Tvorba obrazovek

Pro tvorbu obrazovek je nutné přepnout WinControl do návrhového režimu. Následně je možné vložit nové objekty a jeho jednotlivé prvky. Pomocí předpřipravených skupin prvků z knihovny se vytváří vlastní vizualizace. U každého jednotlivého prvku je možné dále nastavovat jeho parametry.

Následně je uveden výčet jednotlivých prvků a skupin prvků, které jsou použity ve vizualizaci pro kanalizační čerpací stanici 144. ČS2 Kuchařovice.



Obr. 25. Seznam přístupných skupin prvků pro vizualizaci WinControl

Prvek: Object Name

Prvek zobrazuje název objektu a umožňuje dynamicky měnit podkladní barvu v závislosti na vzniklé události.

Barevné odlišení zobrazovaných stavů objektu (dle priority):

- Černá - komunikace s objektem je vypnuta.
- Žlutá blikající - v objektu nejsou načtena aktuální data.
- Červená - v objektu došlo k překročení uživatelem definovaných mezních stavů.
- Fialová - v objektu došlo ke kvitování mezních stavů.

144.ČS 2 Kuchařovice

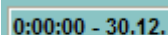
Obr. 26. Vizualizace prvku Object Name

Prvek: Comm Info

Prvek zobrazuje informaci o stavu poslední komunikace s objektem, dále pak datum a čas posledního uskutečněného datového přenosu.

Barevné odlišení zobrazovaných stavů objektu (dle priority):

- Černá - komunikace s objektem je vypnuta.
- Zelená - právě probíhá komunikace s objektem.
- Žlutá - zasílá se povel na objekt.
- Červená - chyba komunikace při přenosu dat.

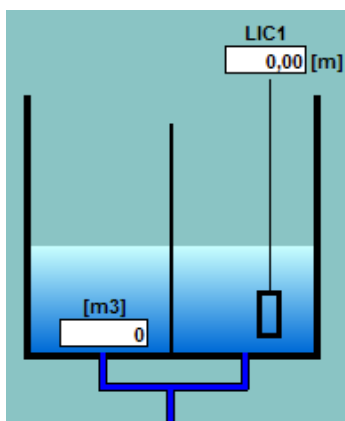


Obr. 27. Vizualizace prvku Comm Info

Skupina prvků: Hladina

Tato skupina prvků je určená k vizualizaci hladiny kapaliny v nádrži. Aktuální výška hladiny se zobrazuje číselně na displeji a také graficky pomocí dynamicky se měnící výšky hladiny v nádrži. Pro správné zobrazení výšky hladiny je nutné v aplikaci WinControl zadat parametry nádrže, tj. hloubku nádrže a velikost podstavy nádrže v m². Ze zadané velikosti podstavy a aktuální výšky hladiny v nádrži se automaticky vypočítává objem kapaliny v nádrži zobrazuje se na displeji.

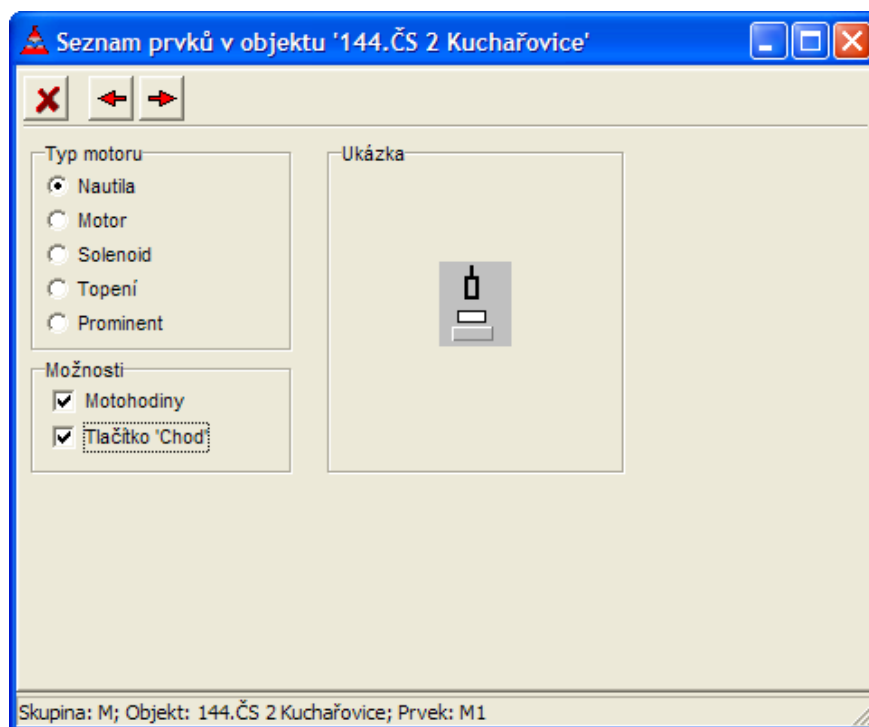
Všechny části prvku pro zobrazení hladiny lze plně parametrizovat, jako např. barvu kapaliny v nádrži, font a velikost písma, velikost nádrže, atd.



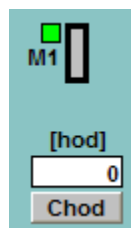
Obr. 28. Skupina prvků: Hladina

Skupina prvků: M (motor)

Pomocí této skupiny prvků je možné vytvořit indikaci stavu motoru a jeho ovládání. Lze zobrazit stavy motoru: chod, porucha, automatický režim a motohodiny. Motor lze povelovat pomocí tlačítka chod. Pomocí kontextové nabídky lze ve WinControl nastavit požadované motohodiny motoru. Jednotlivé prvky skupiny lze následně plně parametrizovat. Při tvorbě vizualizace motoru lze zvolit z několika typů zobrazení, viz. **Obr. 29**.



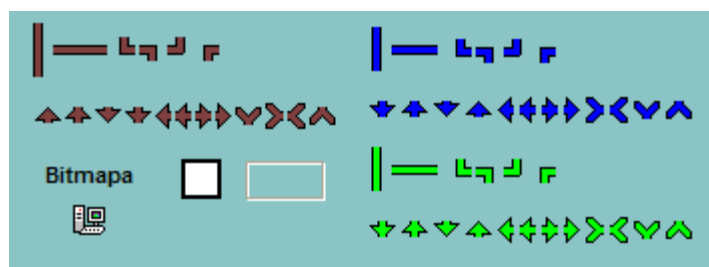
Obr. 29. Možnosti definování vzhledu pro vizualizaci motoru



Obr. 30. Skupina prvků: M

Skupina prvků: Trubky

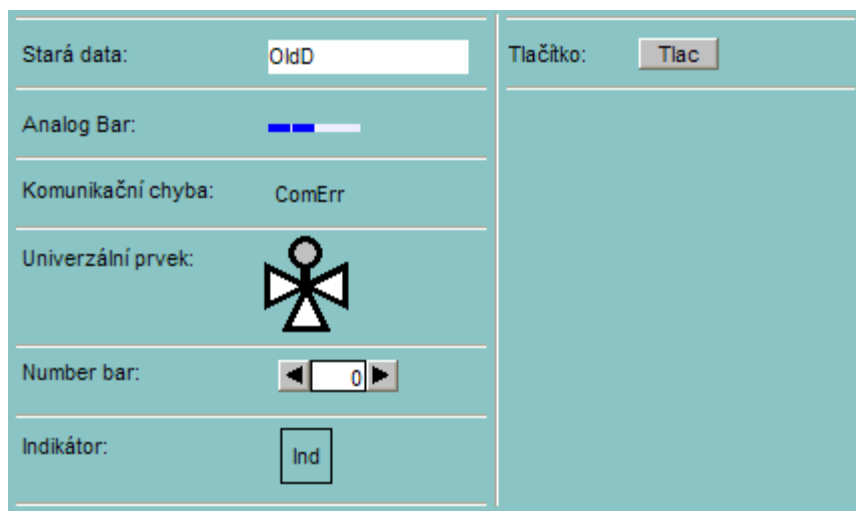
Jde o předpřipravené základní prvky pro malování potrubí v několika barvách. Generují se také pomocné prvky (ikona pro vložení obrázku a 2 základní druhy ohraničení). Při generování lze zvolit jednu ze tří velikostí. Potrubí lze dynamicky zvětšovat a zmenšovat pomocí myši nebo klávesových zkratk. Parametry potrubí, jako např. barva výplně a pláště nebo jejich průhlednost, lze měnit.



Obr. 31. Skupina prvků: Trubky

Skupina prvků: Ostatní

V této skupině jsou zahrnuty ostatní prvky pro vizualizaci. Opět platí, že jednotlivé prvky lze plně parametrizovat.



Obr. 32. Skupina prvků: Ostatní

6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a vytvořit typizovaný řídicí systém pro řízení kanalizační čerpací stanice, navrhnout vhodný komunikační protokol a rozhraní pro přenos dat na centrální dispečerské pracoviště, dále pak návrh a vytvoření vizualizace pro systém řízení GDF Control System.

Všechny body zadání bakalářské práce byly úspěšně vyřešeny. Na základě analýzy požadavků jednotlivých zákazníků firmy GDF spol. s r.o., bylo zjištěno, že požadavky na řízení kanalizačních čerpacích stanic jsou jen mírně odlišné. Při vhodném návrhu řídicí aplikace je možné požadavky zakomponovat do jednoho řídicího systému. Vzniknul tedy typizovaný řídicí systém zahrnující všechny nejčastěji požadované způsoby řízení kanalizační čerpací stanice.

Typickým příkladem výhodnosti tohoto typizovaného řešení může být okamžitý požadavek ze strany zákazníka na změnu funkce řízení čerpadel. Např. při povodních požadoval zákazník ihned změnit řízení čerpadel z režimu záskok, kdy běží jen jedno čerpadlo, na režim souběh, kdy běží obě čerpadla současně. S dřívějším řídicím systémem to nebylo možné, byl nutný servisní zásah a změna programu v PLC. Ovšem s nově vytvořeným řídicím systémem je schopen tuto změnu provést i samotný zákazník nebo jeho zaměstnanec.

Dalším aspektem navrženého řešení jsou i nižší náklady a výrobu a montáž řídicího systému pro kanalizační čerpací stanici jako celku. Řídicí aplikace pro OPLC se vytvoří a otestuje pouze jednou. Není nutné pro jednotlivé zakázky znovu a znovu vytvářet řídicí aplikace. Také při montáži řídicího systému na místě určení zvládne zprovoznění kanalizační čerpací stanice i proškolený montér a není nutná přítomnost servisního technika.

Do budoucna je možné typizovaný řídicí systém vylepšit o funkci zabezpečovací ústředny, kdy by po otevření dveří rozvaděče bylo nutné zadat přístupový kód, jinak by došlo k aktivaci sirény a přenosu informace o neoprávněném vstupu do rozvaděče na centrální dispečerské pracoviště.

Dalším vylepšením může být hlídání průtoku kalové vody v závislosti na chodu čerpadel. Mnohdy se čerpadlo v jímce ucpe a při jeho chodu klesne průtok kalové vody na výtlačku, případně je průtok na výtlačku nulový. Řídicí systém tento stav vyhodnotí a čerpadlo vypne. Místo něj se spustí záložní čerpadlo.

I když je řídicí systém koncipovaný jako typizovaný, některé parametry jsou specifické pro konkrétní čerpací stanici jako např. nastavení komparátoru hladiny pro řízení čerpadel, nastavení rozsahu hladinové sondy, atd. Pokud by bylo nutné vlivem poruchy vyměnit OPLC, je nutné nastavit tyto rozdílné parametry. OPLC obsahuje slot pro datovou kartu (MicroSD). Nabízí se možnost pro ukládání a načítání daných parametrů využít tuto paměťovou kartu. V případě výměny OPLC by pak stačilo vložit do nového OPLC jen paměťovou kartu s parametry z poškozeného OPLC.

Současný datový přenos pomocí GPRS modemu CGU-04 neumožňuje využít vzdálenou správu OPLC pomocí prostředí VisioLogic. Po prozkoumání možností aplikace VisioLogic vyplynulo jako jediná možnost použít GPRS router ER-75 od firmy CONEL a jako komunikační protokol zvolit Modbus TCP. Takto by bylo možné používat vzdálenou správu OPLC. To by v praxi znamenalo např. změnu aplikace v OPLC bez nutnosti být u něj fyzicky, případně analýzu stavu OPLC při poruchových stavech. Tuto variantu je ale nutné otestovat.

Bakalářská práce byla řešena pro firmu GDF spol. s r.o. Mostkov. V současné době je typizovaný řídicí systém nasazen na několika kanalizačních čerpacích stanicích a funguje bez problémů.

7 Literatura

- [1] *Unitronics - Vision 130TM* [online]. Publikováno 01.09.2009 [cit. 2009-11-01]. Dostupné z: <<http://www.unitronics.com/series.aspx?page=vision130>>
- [2] *Unitronics - Technical Library* [online]. Publikováno 01.09.2009 [cit. 2009-11-01]. Dostupné z: <http://www.unitronics.com/Content.aspx?page=Technical_Library>
- [3] KADLEC, K. Snímače polohy hladiny – principy, vlastnosti a použití. *AUTOMA: Časopis pro automatizační techniku*, 2005, roč. 48, č. 5, s. 5-10
- [4] *BD Sensors - Ponorné sondy s keramickou oddělovací membránou* [online]. Publikováno 27.01.2008 [cit. 2009-11-01]. Dostupné z: <http://www.bdsensors.cz/products/level/cat_10>
- [5] RONEŠOVÁ, Andrea. *Stručný popis protokolu MODBUS* [online]. Publikováno 01.09.2005 [cit. 2009-11-10]. Dostupné z: <<http://home.zcu.cz/~ronesova/index.php?menuitem=bastlirna&pagename=bastl/bastl>>
- [6] *CONEL - GPRS modem CGU 04* [online]. Publikováno 14.02.2005 [cit. 2009-11-10]. Dostupné z: <<http://www.conel.cz/cz/produkty/gsm-gprs-edge/cgu-04.html>>
- [7] *Unitronics VisioLogic* [program na CD-ROM]. Ver. 8.0.1. Israel, 1999. Vývojové prostředí pro OPLC Vision.
- [8] JAROLÍMEK, T. Typizovaná řešení Schneider Electric pro vodní hospodářství se osvědčují v praxi. *Automatizace: Odborný časopis pro automatizaci, měření a inženýrskou informatiku*, 2008, roč. 51, č. 10, s. 643

8 Přílohy

- I. Seznam přenášených dat a jejich adresace pro protokol ModBus.
- II. Vizualizace pro WinCont – přehledová obrazovka.
- III. Vizualizace pro WinCont – technologické schéma.
- IV. Vizualizace pro WinCont – technologická obrazovka.
- V. Vizualizace pro WinCont – tabulka řízení.
- VI. Fotografie testovacího rozvaděče s OPLC.
- VII. Fotografie finální podoby rozvaděče.
- VIII. Fotografie z instalace rozvaděče.
- IX. Zdrojový kód pro OPLC Vision V130-33-R34 – elektronická příloha na CD